

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы »  
(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»  
(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологии сварки для выполнения ремонта дефектов  
магистральных газопроводов

|              |   |       |                  |
|--------------|---|-------|------------------|
| Студент      | <u>В.Н. Мельников</u><br>(И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>А.С. Климов</u><br>(И.О. Фамилия)    | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>А.Г. Егоров</u><br>(И.О. Фамилия)    | _____ | (личная подпись) |
|              | <u>Н.В. Зубкова</u><br>(И.О. Фамилия)   | _____ | (личная подпись) |
|              | <u>П.А. Корчагин</u><br>(И.О. Фамилия)  | _____ | (личная подпись) |

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Пояснительная записка состоит из 88 страниц, графическая часть включает в себя 7 листов формата А1.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, расчет дефектности газопровода, дефект, коррозия, плазма, строжка муфта, воздушно-плазменная строжка; стресс-коррозионные дефекты, центратор, электроды, фреза, магистральный газопровод, режим сварки.

Объектом исследования являются: технологии сварки для выполнения ремонта дефектов магистральных газопроводов.

Цель работы: провести анализ существующих технологий и оборудования для выполнения ремонта дефектов магистральных газопроводов. Оценить достоинства и целесообразность применения данных технологий и оборудования в различных условиях эксплуатации магистральных газопроводов. Провести сравнительно-экономический расчет использования наиболее применимых методов ремонта дефектов на объектах линейной части МГ.

В процессе исследования был проведен анализ существующих технологий и оборудования по ремонту дефектов магистральных газопроводов. Рассмотрена существующая нормативная база технологического процесса ручной и автоматической воздушно-плазменной строжки. Показаны высокоэффективные технологические приемы автоматической воздушно-плазменной строжки для односторонней обработки кромок.

Технология ремонта газопроводов без остановки транспорта газа стальными сварными муфтами, доказала свою эффективность в решении задач по недопущению аварийной ситуации.

Представлены результаты выполнения ремонтов сварных швов с дефектами, обнаруженными при диагностировании трубопроводов обвязки

компрессорных станций при проведении капитального ремонта технологических трубопроводов. Показана принципиальная возможность использования оборудования для автоматической воздушно-плазменной строжки в комплекте с прямолинейными поясами на магнитном креплении для выборки дефектных участков: продольных заводских сварных швов, протяженных коррозионных и стресс-коррозионных повреждений наружной поверхности труб.

В результате исследования были определены наиболее приемлемые технологии и оборудование для выполнения ремонта магистральных газопроводов, эксплуатируемых в регионе Приволжского федерального округа. Оценены риски возможных аварийных ситуаций.

Применение контролируемой воздушно-плазменной строжки и трубофрезерной машины с электрическим приводом показало свою экономическую эффективность и сократило время на выполнение ремонта дефектов магистральных газопроводов.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 6  |
| 1. Обзор и анализ методов ремонта магистральных газопроводов   |    |
| 1.1 Методы ремонта дефектов газопроводов .....   | 8  |
| 1.1.1 Замена участков газопровода при проведении<br>капитального ремонта.....  | 8  |
| 1.1.2 Врезка катушек и замена локальных участков газопровода.....  | 10 |
| 1.1.3 Аварийный ремонт с установкой временных заплат и хомутов.....  | 12 |
| 1.1.4 Ремонт с применением стальных сварных муфт.....  | 13 |
| 1.1.5 Выборка дефектов контролируемой шлифовкой, труборезной<br>машиной и воздушно-плазменной строжкой с последующей заваркой.....   | 15 |
| 1.1.5.1 Выборка дефектов труборезной машиной.....  | 16 |
| 1.1.5.2 Выборка дефектов воздушно-плазменной строжкой.....   | 19 |
| 2 Технология ремонта газопровода стальной сварной муфтой   |    |
| 2.1 Разработка технологического процесса.....  | 25 |
| 2.1.1 Определение методов для выполнения ремонта газопровода.....  | 27 |
| 2.1.2 Определение характеристик ремонтируемого участка газопровода...  | 28 |
| 2.1.3 Определение конструкции применимой муфты в зависимости<br>от типа выявленных дефектов газопровода и степени его дефектности... | 30 |
| 2.1.4 Рекомендуемые условия применения.....  | 35 |
| 2.1.5 Подготовительные работы.....   | 36 |
| 2.1.6. Сборка муфты, монтаж и приварка к газопроводу.....  | 37 |
| 2.1.6.1 Сборка под сварку и процесс сварки полуколец.....  | 41 |
| 2.1.6.2 Сварка полуколец с газопроводом.....   | 44 |
| 2.1.6.3 Сборка муфты.....  | 46 |
| 2.1.6.4. Сварка продольных стыковых соединений муфты.....  | 47 |
| 2.1.6.5 Сварка кольцевых нахлесточных соединений<br>муфты с кольцами.....  | 49 |
| 2.2 Анализ существующих инструментов для фиксации элементов муфт...  | 50 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.1 Выбор устройства с необходимыми характеристиками.....  | 51 |
| 2.3 Доработка и изготовление изогнутой опоры.....  | 53 |
| 3 Технология ремонта газопроводов с применением воздушно-плазменной строжки  |    |
| 3.1 Разработка технологического процесса и параметров выборки дефектов.....  | 56 |
| 3.1.1 Виды оборудования и анализ их применимости.....  | 56 |
| 3.1.2 Требования к неразрушающему контролю качества.....   | 60 |
| 3.1.3 Проведение ремонта дефектов сварного шва на объекте газопровода-отвода к ГРС-96 Новоспасск-Ульяновск, 84 км..... | 61 |
| 3.1.3.1 Подготовка оборудования и дефектного участка газопровода.....  | 62 |
| 3.1.3.2 Технология процесса выборки дефекта.....   | 65 |
| 4. Безопасность и экологичность  |    |
| 4.1 Требования к персоналу.....  | 68 |
| 4.2 Проведение работ по монтажу стальной сварной муфты.....  | 70 |
| 4.3 Мероприятия, направленные на предупреждение выбросов газа и на ликвидацию их последствий.....                      | 71 |
| 4.4 Охрана окружающей среды.....   | 72 |
| 4.5 Заключение по разделу.....   | 76 |
| 5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы   |    |
| 5.1 Экономический эффект от внедрения системы "Бережливое производство".....   | 78 |
| 5.2 Экономическое обоснование выбора метода ремонта.....   | 79 |
| 5.3 Отчет о выполнении плановых показателей.....   | 82 |
| 5.4 Заключение по экономическому разделу.....  | 83 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 85 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....  | 87 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

ООО «Газпром Трансгаз Самара» – это основное предприятие, которое обеспечивает бесперебойную поставку газа потребителю на территории Приволжского региона. Предприятие осуществляет транзит газа на участке от южной границы Татарстана до севера Саратовской области по территории Самарской, Оренбургской, Ульяновской и частично Пензенской, Саратовской областей и Республики Мордовия.

На сегодняшний день Общество обслуживает 4500 километров газопроводов с разветвленной системой газораспределительных и компрессорных станций.

Все газопроводы, отводы и оборудование запорно-регулирующее рассчитывают на рабочее давление 7,5 МПа и 5,5 МПа, т.е. на максимально возможное давление газа в магистральном газопроводе.

В настоящее время для поддержания в исправном состоянии газотранспортной системы, большая часть которой была проложена еще в 80-е годы, а значит подходящей к критическому сроку эксплуатации, необходимо значительно повышать эффективность и производительность и качество выполнения работ по капитальному и текущему ремонту.

Очевидно, что наилучшим вариантом для приведения технических характеристик газопровода в соответствие с нормативными значениями, это проведение капитального ремонта с заменой существующей трубы на новую в заводской изоляции.

Однако стоимость выполнения такого проекта исчисляется сотнями миллиардов. Необходимость полной замены, исходя из определенной степени дефектности трубопроводов, по данным внутритрубной диагностики, отсутствует и в таком случае на первый план выходят другие способы ремонтов дефектов локальных участков.

Основной задачей ставится определение наиболее быстрых, эффективных и безопасных способов ремонта для конкретных дефектов

газопровода, потому, что с каждым годом времени на вывод газопровода в ремонт дается все меньше и меньше.

Наиболее широко нами применяются методы по ремонту дефектов магистральных газопроводов, связанные с врезкой катушки и замены участка газопровода, либо ремонт сваркой (заваркой) после проведения выборки дефекта механическим способом или воздушно-плазменной строжкой, а также установкой стальных сварных муфт.

Для достижения поставленных задач выделяются средства на доукомплектование сварочно-монтажных бригад современными образцами сварочного, газорезательного и механического оборудования, взамен морально устаревшего и физически изношенного парка сварочного оборудования и оборудования неразрушающего контроля.

Внедрения передовых технологий в области ремонта сваркой (заваркой) поверхностных и внутренних дефектов кольцевых сварных соединений с выборкой по полному периметру применением трубоотрезных машин типа самоходная фреза.

Ремонт сваркой (заваркой) поверхностных и внутренних дефектов кольцевых сварных соединений с выборкой по полному периметру с применением токарных трубообрабатывающих станков.

Ремонт сваркой (заваркой) поверхностных дефектов формы шва кольцевых сварных соединений (смещение кромок) с применением специальных центратор-корректоров.

Велика потребность в совершенствовании существующих методов ремонта магистральных газопроводов, поиску новых технических решений и применения новых средств механизации.

Все эти мероприятия нацелены на повышение безопасности эксплуатации газотранспортной системы и снижения уровня аварийности для обеспечения бесперебойной подачи газа потребителю.

# **1 Обзор и анализ методов ремонта магистральных газопроводов**

## **1.1 Методы ремонта дефектов газопроводов**

Наиболее широко применяемые методы по ремонту дефектов магистральных газопроводов можно разделить на следующие основные группы:

- капитальный ремонт с остановкой газопровода и заменой старых труб на новые в заводской изоляции или переизоляции труб категории АЗ;
- врезка катушек и замена участков газопровода;
- аварийный ремонт с установкой временных заплат и хомутов;
- установка полноохватывающих стальных муфт;
- выборка дефектов сварного шва и поверхностных дефектов труб контролируемой шлифовкой, труборезной машиной и воздушно-плазменной строжкой с последующей заваркой;

### **1.1.1 Замена участков газопровода при проведении капитального ремонта**

Целью капитального ремонта магистрального газопровода является приведение его технических характеристик в соответствие с нормативными значениями, повышению надежности и безопасности его эксплуатации.

Работы по капитальному ремонту газопровода выполняют методом сплошной переизоляции с заменой существующей трубы на новую в заводской изоляции, либо восстановлением труб категории АЗ, допущенных к повторному применению.

Основные работы проводятся в следующем технологическом порядке:

- подготовительные работы, включая организацию подъездов к месту производства работ и производственных площадок;
- обеспечения завоза материалов и конструкций;
- организация временных переездов через трубопровод;



- очистка участка производства работ от поросли и его планировка;
- выполнения мероприятий безопасности работ;
- снятию плодородного слоя почвы и перемещение его во временный отвал;
- вскрытие трубопровода, подкопка, грубая очистка от старой изоляции;
- проведение диагностики состояния трубопровода с помощью наружных сканер-дефектоскопов;
- вырезка участков газопровода, подлежащих замене и дефектных участков непригодных к дальнейшей эксплуатации;
- подъем вырезанных участков и проведение ремонта тела трубы, признанной годной для дальнейшей эксплуатации по результатам проведения диагностики;
- сварка новых изолированных труб в плетъ, контроль сварных стыков, изоляция термоусаживающимися манжетами, монтаж сваренных плетей из труб в траншею с выполнением захлестов с существующим трубопроводом;
- засыпка траншеи, техническая и биологическая рекультивация.

Сварку трубопровода при КР протяженных участков рекомендуется выполнять полуавтоматическим способом. Ручная электродуговая сварка применяется при сварке участков газопроводов в случаях невозможности или нецелесообразности применения механизированных и автоматических способов сварки, а также при выполнении специальных сварных соединений – участки захлестов, вставок катушек, разнотолщинных стыковых соединений и тройниковых соединений.

Сварку проводят по технологическим картам сварки, разработанным согласно аттестованной технологии сварки с применением сварочного оборудования прошедшего аттестацию.

По окончании работ сварные соединения подвергаются визуальному и измерительному контролю в размере 100%.

### 1.1.2 Врезка катушек и замена локальных участков газопровода

Современные средства диагностики повреждений трубопроводов, такие как ультразвуковые и магнитные внутритрубные дефектоскопы, позволяют определить очаги наиболее опасных, критических дефектов.

Проведение выборочного ремонта с врезкой катушек и заменой дефектных участков труб является самым распространенным способом устранения несоответствий на магистральном газопроводе.

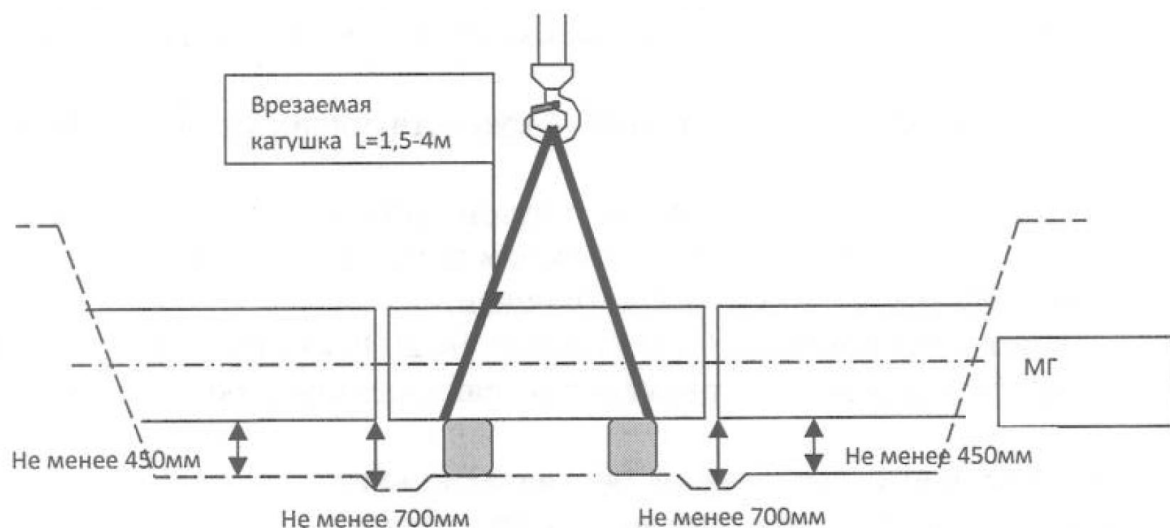


Рисунок 1.1 - Установка катушки Ду 1400 при монтаже захлестного соединения

Подготовка труб к сборке и сварке прмых вставок (катушек) осуществляется в следующей последовательности:

- проведение работ по вырезке дефектного участка, подъема демонтированной катушки и ее перемещение к месту складирования;
- на торцах труб соединяемых плетей произвести замер с точностью до 1,0 мм параметры внутренней и наружной поверхности;

- на основании полученных результатов измерений произвести выбор трубы аналогичного размера и класса прочности для изготовления катушки;

- подготовить катушку длиной не менее одного диаметра трубы с разделкой кромок, соответствующей разделке соединяемых труб;

- произвести проверку соосности соединяемых участков трубопровода, выкопать приямок, размеры которого достаточны для безопасного проведения работ по сварке и контролю стыковых сварных соединений;

- поднять катушку на высоту 200-300 мм, проверить правильность строповки и равномерность натяжения строп;

- установить краном катушку в место технологического разрыва газопровода и выставить необходимые зазоры между свариваемыми кромками прямой вставки и трубами соединяемых участков газопровода, с применением специального инструмента;

- выполнить предварительный подогрев;

- сборку и сварку обоих соединений выполнить одновременно с двух сторон;

- выполнить сварку корневого слоя шва, при этом отдельные участки корневого слоя шва должны быть равномерно распределены по периметру сварного соединения;

- выполняется сварка заполняющих и облицовочного слоев;

- контроль качества сварочно-монтажных работ производится систематически ответственными лицами для соблюдения технологии сварки газопроводов.

- засыпка траншеи, техническая и биологическая рекультивация.

Сварку проводят по технологическим картам сварки, разработанным согласно аттестованной технологии сварки с применением сварочного оборудования прошедшего аттестацию.

По окончании работ сварные соединения подвергаются визуальному и измерительному контролю в размере 100%.

### 1.1.3 Аварийный ремонт с установкой временных заплат и хомутов

Аварийный ремонт - это ремонт связанный с ликвидацией аварийной ситуации на газопроводе в результате наличия критических дефектов, свищей, трещин и неисправностей в работе запорно-регулирующей арматуре.

В данном случае проводятся сварочно-восстановительные работы, характеризующиеся повышенной опасностью и наличием множественных производственных рисков.

Это особый вид работ, при котором соблюдение мер техники безопасности имеет первоочередное значение и выполняется в большинстве случаев с полной остановкой газопровода.

Информацию о местах нарушения герметичности или механических повреждениях, снижающих безопасность дальнейшей эксплуатации газопровода и несущих опасность его разрыва газопровода, получают при выполнении ВТД, по обнаружению утечек обходчиками линейными и при помощи облета беспилотными летательными аппаратами с датчиковой аппаратурой обнаружения концентрации метана.

При ликвидации аварии руководствуются следующими требованиями:

- обеспечение экологической безопасности и снижение негативного влияния на окружающую среду и объекты хозяйственной деятельности населения;
- восстановление полной герметичности газопровода и доведения его несущей способности до проектных значений;
- затрачивание минимального времени на устранение аварии и восстановление нормативного давления в трубопроводе.

Подготовка к сборке и установка прижимных хомутов выполняется в следующей последовательности:

- должна быть обеспечена организация и производство работ по безопасным методам и приемам ведения АВР во взрывопожароопасной среде;
- проведение земляных работ землеройной и грузоподъемной техникой, оборудованных глушителями-искрогасителями;
- обеспечить вытеснение метана с места проведения работ;
- проведение работ по уточнению места дефекта;
- снятие изоляции без применения искрообразующих инструментов;
- установка прижимного устройства с резиновым или синтетическим уплотнением;
- проверка герметичности установленного хомута;
- засыпка траншеи производится не должна, так как данный вид ремонта является временной мерой.

На нашем предприятии проводятся ежегодные практические учения по устранению аварийных ситуаций на магистральном газопроводе, совместно с МЧС и заинтересованными службами.

#### 1.1.4 Ремонт с применением стальных сварных муфт

Выполнение ремонтов с применением стальных сварных муфт на действующем газопроводе выполняются в особых случаях, когда прекращение транспорта газа невозможно по причинам возникновения аварийных ситуаций, остановок производства, экономических санкций и опасности возникновения чрезвычайных ситуации и угрозе жизни и здоровья населения.



Рисунок 1.2 - Герметичная сварная стальная муфта конструкции №3

Данный вид ремонта обеспечивает максимальное восстановление механических свойств и герметизации и несущей способности дефектного участка газопровода без прекращения транспорта газа за счет усиления стенки трубопровода дополнительными стальными полумуфтами.

Подготовка к сборке и установка стальной сварной муфты выполняется в следующей последовательности:

- вскрытие трубопровода, подкопка, грубая очистка от старой изоляции;
- проведение очистки поверхности трубопровода от старой изоляции;
- проведение диагностики состояния трубопровода с помощью наружных сканер-дефектоскопов всей поверхности трубы на ширину в 150 мм в каждую сторону от границ предполагаемой установки муфты;
- в случае необходимости шлифовкой устраняются поверхностные дефекты глубиной более 0,8 мм;
- определяется степень дефектности участка газопровода и выбор конструкции муфты исходя из данных ультразвуковой дефектоскопии и технических характеристик газопровода;

- составление операционной технологической карты сварки;
- подготовка выбранной конструкции муфты с характеристиками не ниже характеристик ремонтируемого газопровода;
- выполнение предварительного подогрева и просушки стыков;
- сборку и сварку обоих соединений выполнить одновременно с двух сторон;
- выполнить сборку элементов муфты на трубопровод;
- обеспечить максимальное прижатие муфты к телу трубы и минимальный зазор при помощи фиксирующих приспособлений;
- выполняется сварка корневых, заполняющих и облицовочного слоев кольцевых, нахлесточных и продольных швов муфты;
- обеспечить равномерное остывание швов муфты при помощи термоизолирующих полотенцев;
- контроль качества сварочно-монтажных работ производится систематически ответственными лицами для соблюдения технологии сварки газопроводов;
- засыпка траншеи, техническая и биологическая рекультивация.

Качество установленной муфты и ее дальнейшая эксплуатация будут зависеть от правильно выполненного технологического процесса.

1.1.5 Выборка дефектов контролируемой шлифовкой, труборезной машиной и воздушно-плазменной строжкой с последующей заваркой

Выборка дефектов контролируемой шлифовкой самый примитивный и самый распространенный вид ремонта поверхностных дефектов труб и дефектов сварного шва. Однако трудозатраты на выполнение этой операции и скорость выборки особенно при ремонте дефектов корневого слоя шва не соответствуют требованиям к качеству, надёжности и скорости выполнения работ при ремонте магистральных трубопроводов.

На сегодняшний день нами было внедрено несколько образцов новой техники применяемой при ремонте линейной части магистральных газопроводов.

#### 1.1.5.1 Выборка дефектов труборезной машиной

Современная трубифрезерная машина с электрическим приводом (труборез) применяются при орбитальной холодной резке перед укладкой труб, для резки уже уложенных труб и ремонта трубопроводов.

Данная технология обеспечивает высокую скорость резания и выборки благодаря использованию быстрорежущей стальной фрезы.

В настоящее время для ремонта сварных швов технологической обвязки оборудования компрессорных станций ООО «Газпром трансгаз Самара» широко применяются трубоотрезные фрезерные станки с электроприводом RSG Ex18 (FEIN).

Закрепление трубореза на поверхности трубы осуществляется двумя цепями, которые соединяются на уровне различных звеньев в зависимости от диаметра трубы.

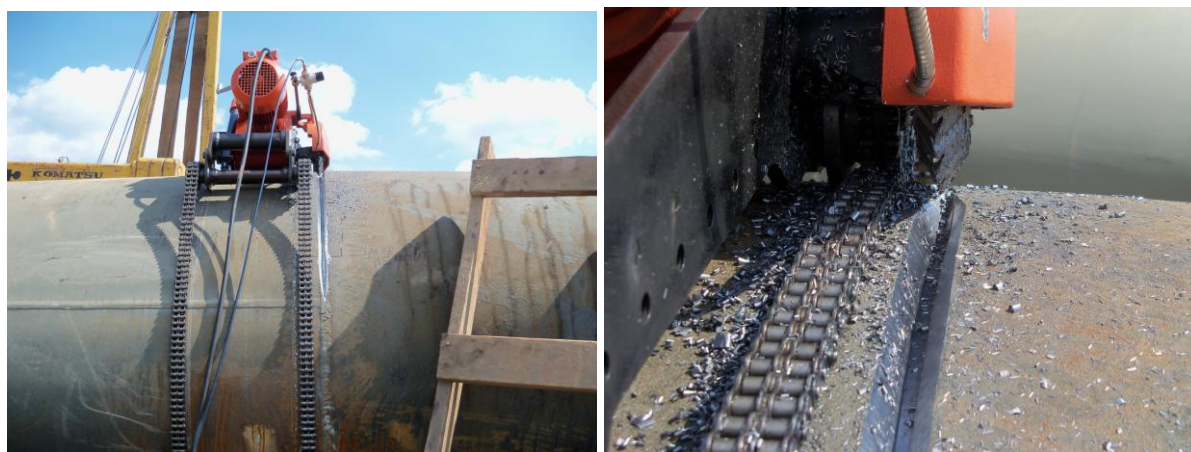


Рисунок 1.3 - Ремонт с помощью RSG Ex18 (FEIN) сварного шва трубы 1420x23,2 мм К60 с отводом 1420x26мм К54



Потребность в свободном окружающем пространстве для трубореза имеет важную роль при разработке грунта вручную под газопроводом.

Труборезом может быть выполнен ровный разделительный рез или V- и U- образные фаски под сварку, без дополнительной очистки поверхности.

Отсутствие использования открытого пламени позволяет повысить промышленную безопасность и охрану труда в пожаро- и взрывоопасных условиях на объектах газового хозяйства.

Одной из главных задач трубореза, является ремонт различного вида дефектов, возникающих на поверхности трубопроводов в процессе их эксплуатации.

Дефекты могут быть вызваны коррозией, повреждениями, возникшими в ходе строительства, а также воздействием нерасчётных нагрузок.

Также ремонтные работы, связанные с выборкой локальных дефектов сварного шва с использованием трубореза позволяют в максимально сжатые сроки и с большой точностью удалить металл трубы вместе с дефектом.

В процессе эксплуатации данного оборудования были выявлены следующие технологические особенности его применения при ремонте сварных швов. Так преимуществом RSG Ex18 является очень эффективная и экономичная пневматическая система подачи тонкораспыленной СОЖ, способная работать в любых пространственных положениях. СОЖ распыляется под давлением воздуха до 7 (бар), что обеспечивает надежную смазку фрезы и зоны резания в условиях запыления рабочей зоны или атмосферных осадков.

При этом имеются следующие ограничения: а) перед началом работы профильной фрезой необходимо сделать предварительный запил узкой отрезной фрезой, иначе крепление на трубе станка не обеспечивает движение строго по траектории ремонтируемого сварного шва; б) приводы по вращению фрезы и движению станка по траектории реза совмещены,

поэтому невозможно выполнить локальные ремонты на коротких отрезках сварного шва, что в некоторых случаях значительно увеличивает объем и время проведения ремонта.

Несмотря на очевидные преимущества фрезерных трубоотрезных машин: безогневой процесс выборки, универсальность оборудования по широкому спектру типоразмеров труб 325-1420мм, относительно невысокая стоимость оборудования, имеющиеся недостатки существенно ограничивают возможности по ремонту сварных швов труб технологической обвязки оборудования компрессорных станций: относительная низкая скорость выборки сварных швов (при толщинах стенки трубы от 16 до 23,2 мм для сталей К48-К60 скорость выборки составляет 0,7-1 м/ч); относительно низкий ресурс фрез при их высокой стоимости; техническая возможность ремонта только стыковых кольцевых сварных швов на трубопроводах, уложенных в горизонтальной плоскости, из-за невозможности крепления фрезерных станков на вертикальных участках трубопровода в обвязке пылеуловителей, ГПА, АВО-газа.

Более производительным способом ремонта является использование токарных станков с гидроприводом – скорость выборки наплавленного металла сварных швов составляет от 5м/ч и выше. Однако такое оборудование имеет свои недостатки: узкая специализация по одному или максимум по двум смежным диаметрам труб; возможность выборки, только полного периметра сварного шва, даже в случае необходимости устранения локального дефекта; очень высокая стоимость оборудования

Дефекты удаляются фрезой трубореза с одновременной подготовкой кромок под сварку без применения открытого огня, что в свою очередь не изменяет структуры и свойств основного металла в околошовной зоне.

Выполнение ремонтов с применением данного оборудования позволяет значительно упростить, удешевить и ускорить ремонтные работы, ведь отпадает необходимость вырезки и замены катушки, а восстановление

геометрии поверхности трубопровода производится с минимальным использованием сварки

#### 1.1.5.2 Выборка дефектов воздушно-плазменной строжкой

На данный момент наиболее приемлемым устройством выборки дефектов удовлетворяющий всем требованиям полностью отвечает комплект оборудования для ручной и автоматической воздушно-плазменной строжки, включающий продольный пояс на магнитных держателях, позволяющий проводить выборку в автоматическом режиме поверхностных продольных дефектов и продольных швов труб.



Рисунок 1.4 - Установка автоматической воздушно-плазменной строжки УПР-2.4С «Стриж»

Данное оборудование достаточно компактно и унифицировано по источнику тока, кольцевым поясам и отлично зарекомендовало себя при работе в трассовых условиях. Принципиальным отличием от трубореза является наличие колебательного привода позволяющего изменять ширину выборки за один проход от 3 до 50мм, наличие регулировки угла наклона в широком диапазоне величин, регулируемого компенсатора кривизны поверхности при работе с применением продольного пояса на трубах

различного диаметра. При этом работа плазмотроном производится в положении на спуск под углами к обрабатываемой поверхности в диапазоне 20-50°.

Глубина выборки воздушно-плазменной строжкой за один проход может составлять до 10мм. Однако, для получения качества поверхности, не требующей дополнительной механической обработки, и достаточным для проведения контроля полноты удаления дефектов глубина выборки за один проход должна быть не более 4 мм.

На относительно небольших токах наблюдается эффект визуального увеличения дефекта при плазменной строжке. Это проявляется при взаимодействии плазменной дуги с дефектом: непроводящим веществом (шлаком, не металлическим включением) или резким изменением дугового зазора (газовая пора, непровар) в этом случае происходит резкое отклонение дуги и оплавления ею берегов такой неоднородности с появлением эффекта визуального увеличения дефекта.

Для предотвращения перегрева металла и контроля температуры нагрева поверхности в пределах 200° С рекомендуется проводить выборку в многопроходном режиме при толщине снимаемого слоя за один проход не более 2 мм. На рис.5 представлена термограмма для вышеуказанного режима, в момент обрыва дуги максимальная температура поверхности разделки шва до 200° С, температура шлака 550° С.

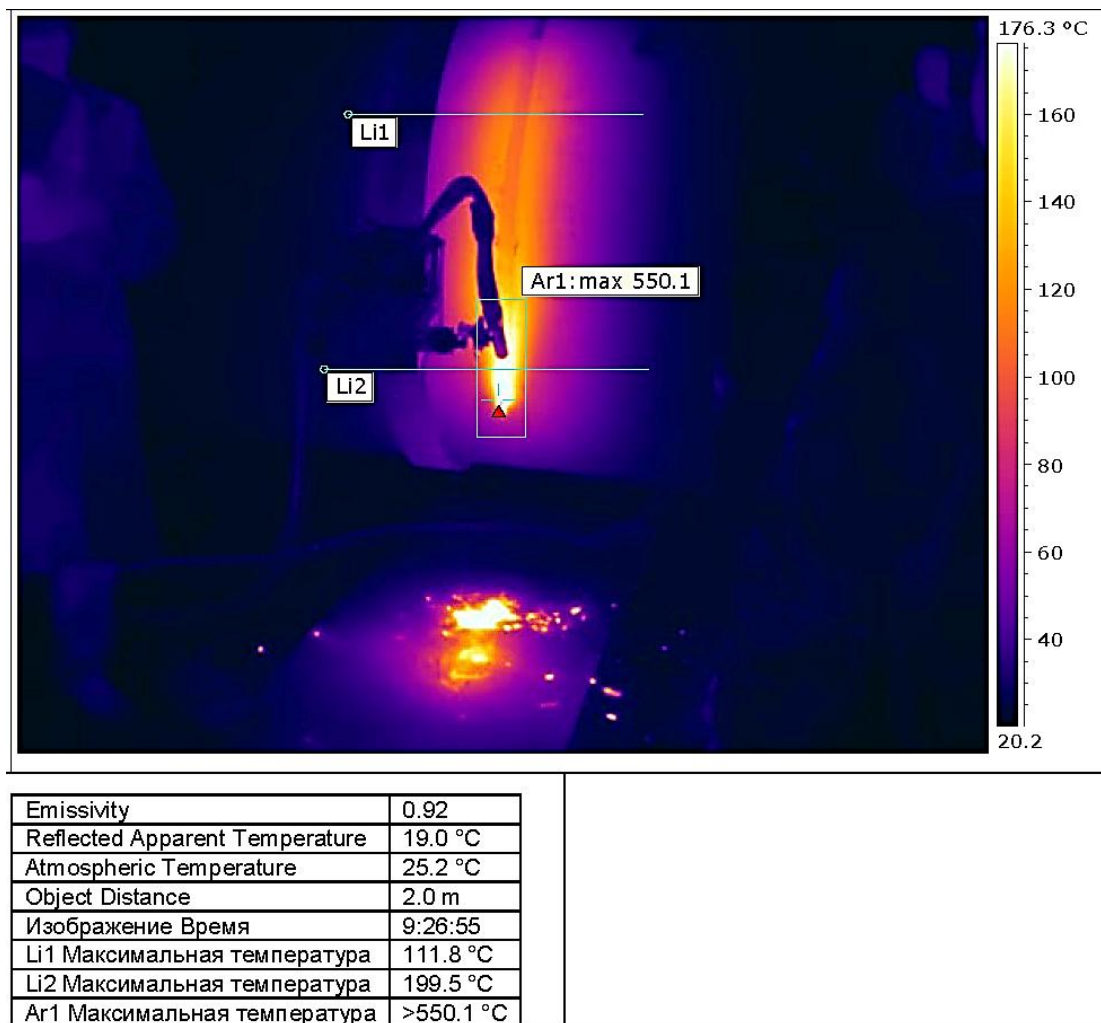


Рисунок 1.5 - Термограмма многопроходной строжки сварного шва при толщине снимаемого слоя за один проход 2мм (момент обрыва дуги)

При проведении ремонта кольцевого сварного шва в режиме такой послойной выборки, при послойном снижении амплитуды колебания плазменной горелки от облицовочного слоя шва к корневому, можно получать U или V образную форму выборки для последующей ремонтной заварки. При этом получаемое качество поверхности достаточно для визуального контроля полноты удаления ремонтируемых дефектов. Это позволяет оптимизировать объем удаляемого дефектного металла и соответственно ускорить общее время проведения ремонтных работ. Общая скорость выборки при многопроходном режиме в 2-3 раза выше, чем при применении фрезерных трубоотрезных станков с электроприводом и не

зависит от класса прочности ремонтируемого металла. Крепление автоматического плазмотрона к трубе обеспечивает выборку кольцевых и нахлесточных сварных швов в любом пространственном положении оси трубы, включая вертикальное.

Применение ручного резака позволяет выполнять выборку в стесненных условиях на сварных швах с минимальным радиусом кривизны, даже в тех случаях, когда применение углошлифовальных машин невозможно. Так на трубе 1420x23,2мм проводился ремонт углового сварного шва приварки бобышки диаметром 22мм, а также ремонт заварки технологического отверстия 150x200 на подкладном кольце. В процессе ремонта проведена выборка всего сечения сварного шва без повреждения подкладного кольца.



Рисунок 1.6 - Стrojка ручным плазмотроном углового сварного шва врезки бобышки диаметром 22мм

Данный комплект оборудования может использоваться для ремонта поверхностных дефектов труб и СДТ. Стrojка дефектных участков в зависимости от преимущественной ориентации протяженных дефектов может осуществляться на продольном поясе на магнитных держателях или



на кольцевом поясе. Выборка одиночных не протяженных дефектов может осуществляться ручным плазмотроном.



Рис. 1.7 - Стrojка стресс-коррозионных дефектов при различной глубине выборки для проверки остаточных дефектов трубы 1420x18,7мм К60, демонтированной из шлейфа КС

При послойной выборке стресс-коррозионные трещины не заплavляются, остаточные дефекты четко выявляются визуально, а также с помощью магнитопорошкового контроля без дополнительной очистки поверхности. Дополнительная обработка абразивным инструментом требуется для удаления острых углов по границам ремонтируемого участка, а также удаления азотированного слоя на поверхности выборки.

Несмотря на высокие значения характеристик скорости резания, указанные заводами-изготовителями в паспортах оборудования, при работе в реальных условиях приходится сталкиваться с проблемами, которые в значительной степени увеличивают продолжительность выборки дефектного металла сварного шва, данные по времени выборки указаны в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Время (без учета монтажа оборудования) выборки облицовочного и всех заполняющих слоев сварного шва трубы 1420x23,2мм(K60) с отводом 1420x36мм(K52) по всему периметру

|  |   |  |
|--|---|--|
| Навесным токарным трубообрабатывающим станком с гидроприводом, SUPERCUTTER, производства ЗАО «СКБТ Юнифос» | Фрезерным труборезом с электроприводом RSG Ex 18, производства FEIN | Автоматической воздушно-плазменной строжкой, УПР-2.4С «Стриж», производства ООО «НПП «Технотрон» |
| 1,5ч   | 14ч   | 8ч   |

Как видно из таблицы наименьшее время на выборку всех слоев сварного шва у токарного станка SUPERCUTTER, однако и стоимость комплекта на один диаметр трубы в 8 раза превышает и труборез FEIN и установку УПР-2.4С "Стриж"

Скорость воздушно-плазменной строжки по удалению металла по сравнению с контролируемой шлифовкой углошлифовальными машинами превышает более чем в 8 раз. В автоматическом режиме воздушно-дуговая строжка дефекта площадью 1м<sup>2</sup> глубиной 2мм осуществляется за 1,44ч. При этом получаемая выборка имеет геометрически правильную форму с фиксированной глубиной на всей длине. Это существенно упрощает контроль остаточной толщины трубы на ремонтируемом участке и соответственно выбор технологии ремонта. Кроме того, такая форма выборки позволяет автоматизировать процессы заварки (наплавки, напыления) при восстановительном ремонте дефектного участка.



## **2 Технология ремонта газопровода стальной сварной муфтой**

### **2.1 Разработка технологического процесса**

На сегодняшний момент, для ремонта газопроводов без остановки транспорта газа, нами внедряется технология по ремонту стальными сварными муфтами.

Это перспективное направление при ремонтно-восстановительных работах и оставлять без внимания данную технологию является преступлением в масштабах Общества.

Рассмотрим в данной главе технологию ремонта газопроводов стальными муфтами и определим какие ставятся задачи по доработке и развитию данной технологии при практическом применении.

Выполнение ремонтов на действующем газопроводе выполняются в особых случаях, когда прекращение транспорта газа невозможно по причинам возникновения аварийных ситуаций, остановок производства, экономических санкций и опасности возникновения чрезвычайных ситуации и угрозе жизни и здоровья населения.

Конструкции муфт должны удовлетворять требованиям по ремонту исходя из выявленных дефектов газопровода и изготавливаться в соответствии со специальным ТУ, согласованными с ПАО "Газпром".

К изготовлению муфт и ее элементов допускается применять только новые прямошовные или бесшовные трубы. Имеющие сертификат соответствия и характеристики стали не ниже характеристик ремонтного газопровода.

В состав муфты в зависимости от конструкции может входить: две полумуфты, полукольца, подкладные пластины и иные элементы.

Для фиксации всех элементов муфты на данный момент нами применяются цепные гидравлические приспособления с регулируемым обжатием.

Также применяют для фиксации полуколец и муфт на газопроводе съемные сборочные приспособления.

В качестве сборочных приспособлений используются наружные звенные центраторы, центраторы-корректоры и домкраты разных модификаций.

Однако при отработке технологии ремонта с использованием муфт на полигоне УАВР оказалось, что обжатие муфты и обеспечение плотного прилегания к трубопроводу, довольно непростая задача.

При использовании наружных звенных центраторов не удается обеспечить плотного прилегания по всему периметру элементов муфты, да и не удобны в монтаже, громоздкие и тяжелые.

Центратор-корректоры в нашем Обществе имеются, но рассчитаны на применение для диаметров труб Ду=300, 500 мм. Также не маловажным является их дороговизна.

Качество установленной муфты и ее дальнейшая эксплуатация будут зависеть от правильно выполненного технологического процесса.

Целью данной работы является анализ технологического процесса при выполнении ремонта стальными сварными муфтами, рассмотрение возможных методов фиксации элементов муфты сборочными приспособлениями, а также выбор устройства наиболее подходящего по стоимости, простоте установки, надежности и безопасности для обслуживающего персонала.

### 2.1.1 Определение методов для выполнения ремонта газопровода

Для газопроводов, выведенных из эксплуатации, а также находящихся под газом, выбор метода ремонта определяют по заключениям чаще всего внутритрубной дефектоскопии, с применением зондов, а также по заключениям ВИК до начала ремонтных работ.

Исходя из полученных результатов дефектоскопии по наличию дефектов в металле труб и сварных швах, их параметров, количества, а также технологических характеристик газопроводов и условий их и эксплуатации применяют следующие методы ремонта газопроводов:

- ремонт варкой катушки, с отсечением его от газа путем остановки газопровода, либо прокладки дополнительной временной линии;
- ремонт газопровода наплавкой металла, в том числе вырезкой технологических отверстий и варкой заплат или приваркой патрубков с устройствами по отсечению его от газа, путем остановки газопровода и прокладки лупинга;
- ремонт с использованием стальных сварных муфт, на газопроводах находящимся без давления газа, а также под давлением газа, сниженного до безопасного уровня.

Ремонт муфтами наиболее предпочтителен и выполняется при невозможности выполнения других видов ремонта, таких как варка катушки, ремонт сваркой и наплавкой металла, отсутствия возможности по выводу газопровода из эксплуатации и стравливанию газа, в связи с наличием важных потребителей энергоносителя, остановки производства и санкциями по срыву поставок газа.

Давление при выполнении ремонта на ремонтируемом участке снижают исходя из условий безопасности и ограничивают в зависимости от:

–допустимого давления на газопроводе, которое рассчитывается исходя из характеристик обнаруженных дефектов в месте установки ремонтной муфты;

–допустимого давления, рассчитываемого по потере прочности нагретого металла газопровода при сварке кольцевых швов.

На каждую установленную муфты формируется технологическая документация, изготавливается паспорт изделия, вносится в общий реестр для учета и включения в будущий план проведения капитального ремонта.

Согласно писем из департаментов ПАО Газпром, о проведении капитальных ремонтов, даны указания в первую очередь включать в план ремонта тройниковые соединения, изготовленные в трассовых условиях, отводы без усиливающих накладок и ранее установленные стальные сварные муфты, как наиболее аварийно опасные в структуре магистрального газопровода.

#### 2.1.2 Определение характеристик ремонтируемого участка газопровода

Возможность проведение ремонта газопровода без его полной замены при капитальном ремонте напрямую зависит от условий их прокладки и мест эксплуатации, а именно наличия факторов ускоряющих коррозию металла. Технические характеристики газопровода: изоляционное покрытие, агрессивность почвы в месте прокладки, а также различные дефекты, образовавшиеся за время эксплуатации в структуре металла трубы и в сварных швах, будут иметь первоочередное значение при выборе ремонта.

Наличие дефектов и их виды, количество, размеры и параметры определяют по результатам обследования внутритрубного пространства при помощи запуска поршня-зонда. По полученным данным диагностики, в местах наиболее дефектных участков, представляющих опасность для

дальнейшей эксплуатации, проводят земляные работы (шурфовку). После вскрытия газопровода проводим наружную дефектоскопию ультразвуком или с использованием рентген-аппаратов типа "Арина". Конечно на рынке уже широко представлены образцы техники неразрушающего контроля с мгновенным выводом информации о наличии дефектов, однако такие комплексы могут позволить себе только очень обеспеченные организации.

После анализа всех имеющихся параметров дефектов газопровода определяют степень его дефектности. Дефектность определяют по кольцевым напряжениям ( $\sigma_k$ ) в месте монтажа муфты по формуле:

$$\sigma_k = \frac{P(D_H - 2S)}{2S}, \text{ МПа} \quad (1)$$

где  $P$  - давление в газопроводе, МПа;

$D_H$  - диаметр газопровода, мм;

$S$  - толщина стенки газопровода, мм.

Для выполнения расчета дефектности газопровода находим отношение напряжений по периметру стенки газопровода ( $\sigma_k$ ) к наименьшему табличному пределу текучести металла трубы ( $\sigma_{T \min}$ ).

Возможные дефекты делятся по степени дефектности металла и по типу самого дефекта. По типу дефекты классифицируют на: задиры. Царапины, риски, места общей коррозии питтинговой коррозии, несквозные и сквозные дефекты, вмятины и трещины. По степени дефектности их делят на: малозначительные, средние и значительные в зависимости от размеров, глубины и распространения.

Дефекты, обнаруженные в сварных швах, классифицируют по тому же принципу.

По типу дефекты сварных швов классифицируют на: поры, шлаковые включения, непровары, поверхностные дефекты, дефекты сборки и совокупность различных дефектов включая сквозные дефекты.

Для определения особо опасных, недопустимых поверхностных и внутренних дефектов, а также их параметров и границ распространения, истончения металла в стенке трубы, расслоений металла трубы, проводим анализ силами ИТЦ неразрушающий контроль всего ремонтного участка.

При обнаружении в проконтролированной зоне недопустимых дефектов, истончение стенки до критического значения, то место монтажа муфты, для перекрытия всех выявленных дефектов, должно быть смещено в сторону на расстояние не менее 10 см от крайнего дефекта.

### 2.1.3 Определение конструкции применимой муфты в зависимости от типа выявленных дефектов газопровода и степени его дефектности

Конструкцию муфты для проведения ремонта выбираем исходя из определенной ранее степени дефектности металла трубы и швов в сварных соединениях газопроводов.

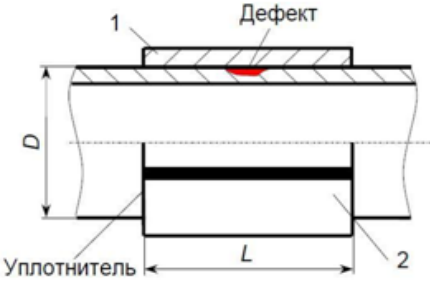
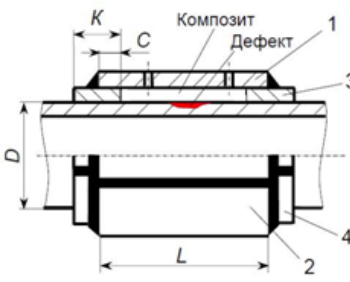
Для ремонта труб из термоупрочненных сталей, чаще всего применяют муфты конструкций № 1 или 2.

Для ремонта вмятин на теле трубы совместно с другими выявленными дефектами, отнесенными к значительным и критическим, проводим ремонт только герметичными приварными муфтами (конструкции № 3, 3а, 3б, 4, 5).

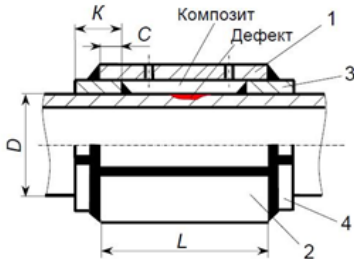
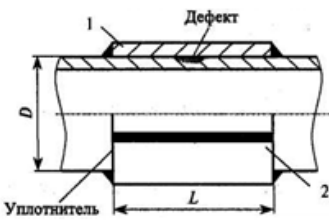
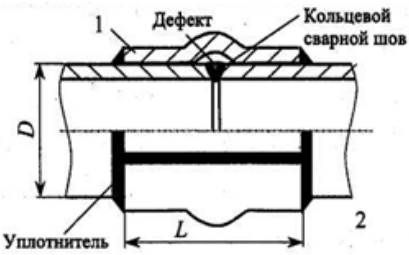
Для ремонта сквозных и не сквозных дефектов труб и сварных швов также необходимо применять герметичные муфты.

Изготовление муфт, указанных в таблице 1.4 (кроме конструкции № 3б), выполняем в полевых условиях, так как в наличии имеется необходимое техническое оборудование и механизированные устройства подготовки кромок муфт и полумуфт. Из оборудования имеются образцы, как отечественных, так и зарубежных производителей. Это кромокорезы, шлифмашинки, механизированные шасси газокислородной резки.

Таблица 2.4 – Герметичные и негерметичные конструкции муфт для выполнения ремонта дефектов газопроводов

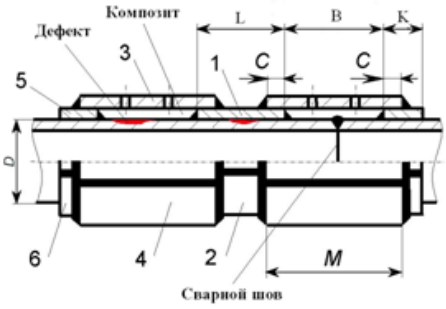
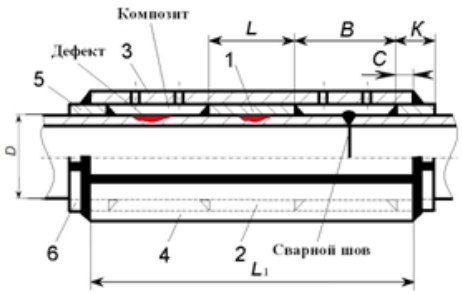
| № конструкции муфты | Наименование                         | Общий вид  | Состав конструкции   |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|
| 1                   | Негерметичная сварная стальная муфта |    | 1 – полумуфта верхняя (1шт.);<br>2 – полумуфта нижняя (1шт.);<br>Подкладные пластины <u>под продольные швы</u> полумуфт (2шт.)   |
| 2                   | Негерметичная сварная стальная муфта |  | 1 – полумуфта верхняя (1шт.);<br>2 – полумуфта нижняя (1шт.);<br>3 – полукольцо верхнее (2шт.);<br>4 – полукольцо нижнее (2шт.);<br>Подкладные пластины <u>под продольные швы</u> полуколец (4шт.) |

Продолжение таблицы 2.4

| № конструкции муфты | Наименование                       | Общий вид   | Состав конструкции   |
|---------------------|------------------------------------|---|--|
| 3                   | Герметичная сварная стальная муфта |  <p>The drawing shows a cross-section of a welded steel flange. It consists of two main parts, 1 (top) and 2 (bottom), which are welded together. A composite reinforcement layer is applied to the top surface. A defect is indicated by a red line. Dimensions K, C, D, and L are shown. Labels include 'Композит' (Composite), 'Дефект' (Defect), and numbers 1, 2, 3, 4.</p>  | <p>1 – полумуфта верхняя (1шт.);<br/>                 2 – полумуфта нижняя (1шт.);<br/>                 3 – полукольцо верхнее (2шт.);<br/>                 3 – полукольцо нижнее (2шт.);<br/>                 Подкладные пластины под продольные швы полуколец (4шт.)</p> |
| 3а                  | Герметичная сварная стальная муфта |  <p>The drawing shows a cross-section of a welded steel flange. It consists of two main parts, 1 (top) and 2 (bottom), which are welded together. A sealant (Уплотнитель) is applied to the joint. A defect is indicated. Dimensions D and L are shown. Labels include 'Дефект' (Defect), 'Уплотнитель' (Sealant), and numbers 1, 2.</p>  | <p>1 – полумуфта верхняя (1шт.);<br/>                 2 – полумуфта нижняя (1шт.);<br/>                 Подкладные пластины под продольные швы полумуфт (2шт.)</p>   |
| 3б                  | Герметичная сварная стальная муфта |  <p>The drawing shows a cross-section of a welded steel flange. It consists of two main parts, 1 (top) and 2 (bottom), which are welded together. A ring weld (Кольцевой сварной шов) is shown. A sealant (Уплотнитель) is applied to the joint. A defect is indicated. Dimensions D and L are shown. Labels include 'Дефект' (Defect), 'Кольцевой сварной шов' (Ring weld), 'Уплотнитель' (Sealant), and numbers 1, 2.</p> | <p>1 – полумуфта галтельная верхняя (1шт.);<br/>                 2 – полумуфта галтельная нижняя (1шт.);<br/>                 Подкладные пластины под продольные швы полумуфт (2шт.)</p>   |



Продолжение таблицы 2.4

| № конструкции муфты | Наименование                              | Общий вид  | Состав конструкции  |
|---------------------|---|--|---|
|                     | Герметичная сварная стальная муфта (узел) |    | <p>внутренняя верхняя (1шт.);<br/>                 2 – полумуфта внутренняя нижняя (1шт.);<br/>                 3 – полумуфта наружная верхняя (2шт.);<br/>                 4 – полумуфта наружная нижняя (2шт.);<br/>                 5 – полукольцо верхнее (2шт.);<br/>                 6 – полукольцо нижнее (2шт.);<br/>                 Подкладные пластины под продольные швы внутренних полумуфт, полуколец 6шт.)</p> |
| 5                   | Герметичная сварная стальная муфта (узел) |  | <p>1 – полумуфта внутренняя верхняя (1шт.);<br/>                 2 – полумуфта внутренняя нижняя (1шт.);<br/>                 3 – полумуфта наружная верхняя (1шт.);<br/>                 4 – полумуфта наружная нижняя (1шт.);<br/>                 5 – полукольцо верхнее (2шт.);<br/>                 6 – полукольцо нижнее (2шт.);</p>  |

После получения данных о степени дефектности выполняем выбор конструкции муфты по табличным значениям.

Если выявленные дефекты малозначительны, несквозные, а также дефекты геометрии труб, например, вмятины, полученные от землеройной техники, применяют негерметичные муфты.

При критических дефектах труб всегда применяют герметичные муфты.

Рассмотрим более подробно герметичную сварную стальную муфту конструкции 3. рис. 2.1

Основными составляющими конструкции являются 4 полукольца, две полумуфты и подкладные пластины под продольные швы.

На внутренней поверхности полумуфты прорезываем углубление, по толщине равное толщине подкладной пластины. После чего проводим приварку подкладной пластины толщиной 3 мм и шириной 30 мм из листовой стали.

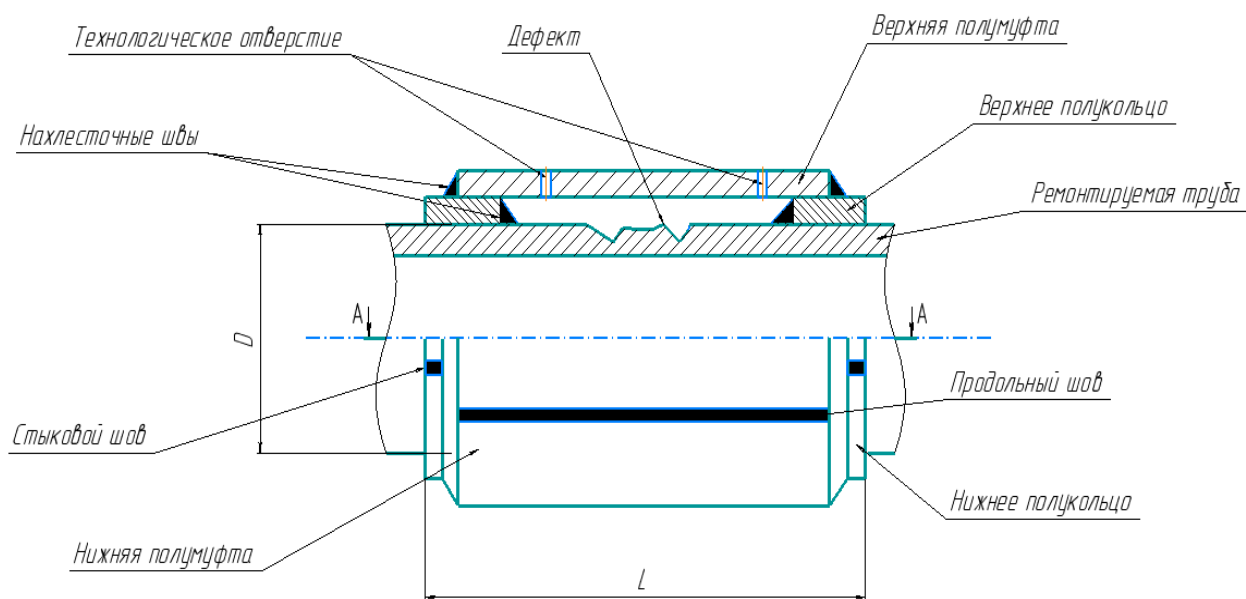


Рисунок 2.1 - Герметичная стальная сварная муфта конструкции №3

#### 2.1.4 Рекомендуемые условия применения

Данную муфту чаще всего применяют, при отсутствии на теле трубы всевозможных элементов, не позволяющих равномерно и плотно, установить муфту на ремонтируемом газопроводе. Газопроводы с дефектами геометрии труб, вмятинами, задирами ремонтируются герметичной муфтой. Муфта изготавливаем в полевых условиях.

Муфту и ее элементы изготавливаем из трубы с аналогичным наружному диаметру газопровода, подвергающемуся ремонту.

Для изготавливаемой муфты определим коэффициент условия работы. Получившийся коэффициент должен быть выше коэффициента работы для ремонтируемого газопровода.

Все внутренние поверхности изготовленных полумуфт и полуколец наносим антикоррозийные материалы. В нашем случае идеальным решением по выбору антикоррозийного материала является отработанное масло двигателей внутреннего сгорания специальной техники. Для заливки состава в верхней части полумуфт выполняем варку двух бобышек М20х1,5. В получившиеся технологические отверстия проводим заливку отработанного масла. После заполнения межтрубного пространства в бобышки с внутренней резьбой заворачиваются резьбовые пробки.

Для выполнения работ при ремонте сварными муфтами обеспечим безопасность проведения этих работ и снизим давление действующего газопровода до допустимых расчетных значений.

Снижение давления до безопасного значения исходя из максимальной глубины имеющихся дефектов производим по формуле (2).

$$P_{\text{доп}} = \frac{2 k \sigma_T (S - \delta)}{D_H}, \text{ МПа} \quad (2)$$

Расчет давления в газопроводе выполняем с учетом потери прочности нагретого металла в тех местах, где будет проведена сварка элементов муфты, определяем по формуле (.

$$P_{\text{доп}} = \frac{2 \kappa \sigma_T (S - c)}{D_H}, \text{ МПа} \quad (3)$$

Если максимальное значение глубины дефектов на поверхности трубы ( $\delta$ , мм) больше, чем коэффициент потери прочности нагретого металла ( $c = 2,4$  мм), то расчет максимально давления в газопроводе, для выполнения безопасного ремонта муфтой определяем по формуле (2). Когда максимальная глубина дефектов ( $\delta$ , мм) меньше или равна коэффициенту потери прочности нагретого металла ( $c=2,4$  мм), то расчет величины максимально допустимого для сварки муфты давления будем производить по формуле (3).

#### 2.1.5 Подготовительные работы

Перед началом ремонтных работ производим удаление изоляционного покрытия при помощи машины по снятию изоляции «РИМ». Проводим очистку поверхности трубы на ширину 150 мм от границы примерного расположения муфты механическим способом от изоляции, оставшейся после машины «РИМ».

Выполняем визуально–измерительный контроль всей поверхности газопровода, а также зону в 150 мм от крайних кольцевых швов муфты. Проводим ультразвуковой контроль по всему периметру кольцевого сварного шва газопровода.

После проведения ультразвукового контроля и выявления недопустимых дефектов, сдвигаем края муфты таким образом, чтобы перекрыть участки дефектов на расстояние не менее 150 мм.

Контролируемой шлифовкой устраняем поверхностные дефекты глубиной более 0,8 мм. При выполнении данной работы следует учесть, что толщина оставшейся стенки трубы после шлифовки не превышала пределы разрешенного минусового допуска.

Заводской продольный шов удаляем шлифовальной машинкой «заподлицо». Продольный шов удаляется на расстояние в 150 мм в каждую сторону от места примерной приварки полуколец.

#### 2.1.6 Сборка муфты, монтаж и приварка к газопроводу

Сварку всех элементов муфты проводят в строгом соответствии с разработанной операционной технологической картой сварки. В ОТК прописаны все этапы сборки и сварки, применяемые электроды и параметры сварочного тока.

Для выполнения работы по монтажу муфты составлена операционная технологическая карта в соответствии с рисунком 2.2

**ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

**ремонта дефектов труб участков газопроводов II–IV категории герметичными усиливающими сварными муфтами конструкции 3 тип II.**

| Организация                                       |                            | Наименование газопровода, км                |                    | Диаметр х толщина стенки, мм |  | Вид ремонта сваркой                               |   | Размер дефектного участка, мм   |       | Шифр карты  |   |       |           |          |     |            |  |  |
|---|----------------------------|---|--------------------|------------------------------|--|---|---|---|-------|-------------|---|-------|-----------|----------|-----|------------|--|--|
| ООО «Газпром Трансгаз Самара», Ульяновское ЛПУ МГ |                            | газопровод-отвод Новоспасск-Ульяновск 84 км |                    | 530x8,0                      |  | Ремонт тела трубы сварной муфтой (конструкция №3) |   | Вмятина 140x200x30мм с забойной 10x70x1,5 мм  |       | ТК(Р)-26/19 |   |       |           |          |     |            |  |  |
| Характеристика труб                               |                            |   |                    |                              |  |   | Предварительный подогрев  | Общий вид муфты   |       |             | Сварочные материалы   |       |           |          |     |            |  |  |
| Наименование конструктивных элементов             | Марка стали ТУ, ГОСТ       | Диаметр, мм                                 | Толщина стенки, мм | Класс прочности              | Нормативный предел прочности, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> ) | Эквивалент углерода, %                            | Просушка дефектного места перед сваркой до 50°С независимо от t окружающего воздуха. Предварительный подогрев дефектного участка перед сваркой до 100–150°С независимо от t окружающего воздуха. Ширина зоны подогрева не менее 75 мм в каждую сторону от границ сварки угловых швов. |   |       |             | Для сварки прихваток, первого прохода и корневого слоя шва: Электроды типа Э50А по ГОСТ 9467) марки ОК 53.70 Ø2,5<br><br>Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва: Электроды типа Э60А по ГОСТ 9467 марки ОК 74.70 Ø4,0 |       |           |          |     |            |  |  |
| Труба (МГ)  | 13Г1С-У ТУ 14-3Р-1270-2009 | 530   | 8,0                | K55                          | 540  | 0,43  |   |   |       |             |   |       |           |          |     |            |  |  |
| Полукольца полумуфты                              | ТУ 1381-012-05757848-2005  | 530   | 8,0                | K60                          | 590  | 0,43  |   |   |       |             |   |       |           |          |     |            |  |  |
|   |                            |   |                    |                              |  |   |   | 1 – полуμфта верхняя (1 шт.);<br>2 – полуμфта нижняя (1 шт.);<br>3 – полукольцо верхнее (2 шт.);<br>4 – полукольцо нижнее (2 шт.);<br>Подкладные пластины под продольные швы полуколец, (4 шт.);<br>подкладные пластины под продольные швы полумуфт, (2 шт.). |       |             |   |       |           |          |     |            |  |  |
|   |                            |   |                    |                              |  |   |   | <table border="1"> <tr> <th>K, мм</th> <th>C, мм</th> <th>D, мм</th> <th>L, мм</th> </tr> <tr> <td>120 – 300</td> <td>70 – 100</td> <td>530</td> <td>300 – 3000</td> </tr> </table>   | K, мм | C, мм       | D, мм   | L, мм | 120 – 300 | 70 – 100 | 530 | 300 – 3000 |  |  |
| K, мм   | C, мм                      | D, мм                                       | L, мм              |                              |  |   |   |   |       |             |   |       |           |          |     |            |  |  |
| 120 – 300   | 70 – 100                   | 530   | 300 – 3000         |                              |  |   |   |   |       |             |   |       |           |          |     |            |  |  |

Рисунок 2.2 - операционная технологическая карта сварки

Применяемые сварочные материалы должны подбираться исходя из основных требований к сварочным материалам и удовлетворять всем сварочным характеристикам и свойствам для данного способа и технологии сварки в соответствии с рисунком 2.3

| Режимы сварки                           |                 |             |                   |                   |                   |
|---|-----------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Сварочные слои                          | Марка электрода | Диаметр, мм | Сварочный ток, А  |                   |                   |
|   |                 |             | Н                 | В                 | П                 |
| Прихватки, первый проход, корневой слой | OK 53.70        | 2,5         | 100-110           | 90-100            | 80-110            |
| Заполняющие: первый, последующие        | OK 74.70        | 4,0         | 90-120<br>130-180 | 90-110<br>110-170 | 80-110<br>110-150 |
| Облицовочный                            | OK 74.70        | 4,0         | 130-180           | 110-170           | 110-150           |

Рисунок 2.3 - режимы сварки при разных пространственных положениях

В нашем филиале применяются только электроды с основным видом покрытия для ручной дуговой сварки на постоянном токе обратной полярности. На сегодняшний момент нам поставляют электроды марки ОК 53.70 и ОК 74.70 производителя ESAB г. Санкт-Петербург.

Тип Э50А ОК 53.70  $\varnothing$ 2,5мм или ОК 53.70  $\varnothing$ 3,2мм. для марок стали до К55, ими выполняем сварку корневого шва и прихваток.

Электроды типа Э60А ОК 74.70  $\varnothing$ 4,0мм применяем для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва.

Данные сварочные электроды могут применяться только при наличии сертификата качества на соответствие требованиям проектной и нормативной документации.

Свидетельство НАКС об аттестации сварочных материалов это основной документ согласно РД 03-613-03, который должен выдаваться на

каждую партию электродов. Без наличия свидетельства, либо с просроченной аттестацией НАКС, электроды изымаются из эксплуатации, а стыки сваренные этой партией электродов отправляется на вырезку.

На каждой пачке электродов указаны параметры для прокалики электродов перед использованием. Чаще всего температура указана в 300-350<sup>0</sup> С и временем прокалики от 1 до 1,5 часов.

Повторной прокалике подвергаются электроды которые не были использованы сразу, причем производится она может не более 5 раз и общем времени прокалики не более 10ч.

| Режимы прокалики электродов |                              |                         |  |   |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|--|---|
| Марка электрода             | Температура прокалики,<br>°С | Время прокалики,<br>час | Количество циклов прокалики,<br>не более | Общее время прокалики,<br>не более, час |
| ОК 53.70                    | 300–350                      | 0,5–1,0                 | 5  | 5                                       |
| ОК 74.70                    | 300–350                      | 0,5–1,0                 | 5  | 5                                       |
| ОК 74.70                    | 300–350                      | 0,5–1,0                 | 5  | 5                                       |

Рисунок 2.4 - режимы прокалики электродов

В качестве источников тока для сварки может применяться только оборудование, входящее в реестр и разрешенное к использованию на объектах "ПАО Газпром". Источники тока должны иметь действующий сертификат соответствия национального агентства контроля сварки (НАКС). Обеспечивать заданные сварочно-технологические параметры сварки, указанные в паспорте на соответствующее оборудование.

Запрещено применение оборудования: не обеспечивающее стабильность сварочно-технологических параметров сварки; с



просроченным либо отсутствующим сертификатом НАКС; имеющим следы повреждений корпуса и изоляции токоведущих элементов аппарата.

Все сварные швы соединений муфты выполняем многослойными, их количество зависит от диаметра трубы. Ремонтные швы и наплавка также выполняется в несколько проходов.

К корневому шву предъявляются следующие требования: недопустимо наличие поверхностных дефектов, а усиление обратного валика не должно быть более 3,0 мм.

При заполнении каждый последующий шов должен перекрывать предыдущий не меньше чем на треть своей ширины.

Режимы при сварке должны строго соблюдаться сварщиками.

Дугу возбуждают только в разделке кромки шва и не как не с поверхности трубы.

Минусовой кабель не разрешается приваривать к телу трубы, то же самое касается и крепежных приспособлений и монтажных элементов. Для крепления обратного кабеля необходимо использовать магнитную массу.

Сварку элементов муфты выполнять за один цикл без перерывов до полного завершения работ.

Материалом для подкладных пластин под продольные швы полумуфт и полуколец служит полоса листового металла марки Зсп. толщиной 2,0-3,0 мм и шириной 35 мм.

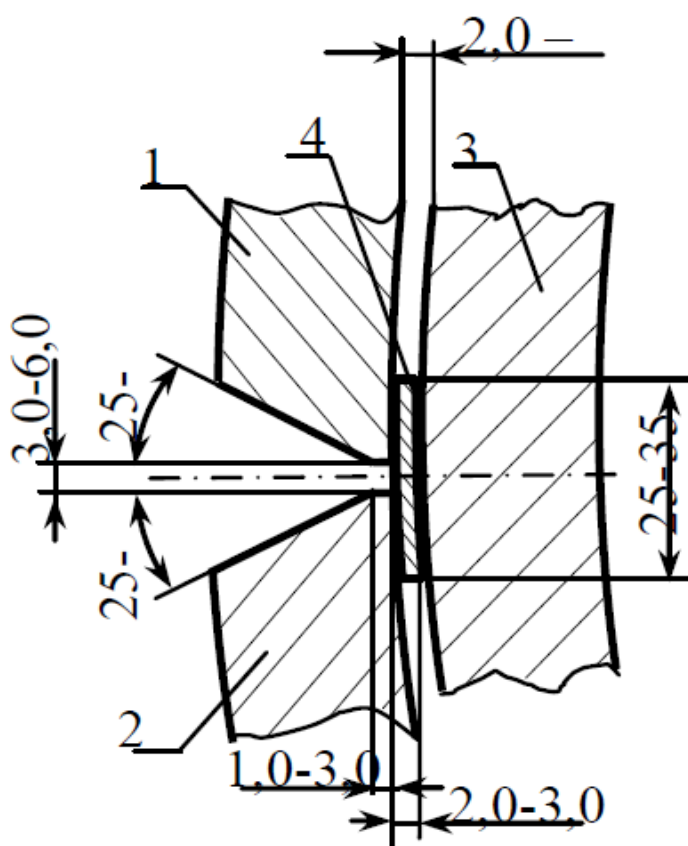
Ремонтные работы прекращаются при опускании температуре окружающего воздуха ниже минус 40 °С. Необходимо использовать укрытия при нарастании скорости ветра более 5,0 м/с, также укрытия необходимы при наличии осадков.

#### 2.1.6.1 Сборка под сварку и процесс сварки полуколец

Перед проведением монтажа полуколец необходимо выполнить приварку подкладных пластин, установив в паз полукольца с внутренней

ее поверхности, прихватками по всей длине. Пластины устанавливаются так, чтобы половина ее длины выступала за кромки со стороны выбранного паза, а со стороны торцов полуколец на 50 мм.

Проводим разделку кромок продольных стыковых соединений механическим способом. Можно для получения V-образной разделки использовать установки плазменной резки, применяя пояс для плоского раскроя металла. Скос кромки, который задается на плазматроне, должен быть равен  $25^\circ$  в соответствии с рисунком 2.5

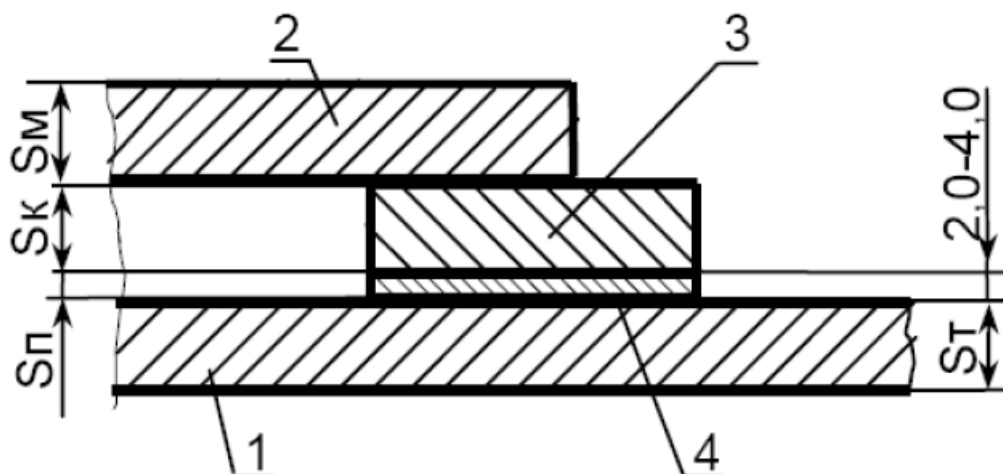


1 - верхняя полумуфта или полукольца; 2 – нижняя полумуфта или полукольца; 3 – участок ремонтируемого газопровода или полукольца;  
4 - подкладная металлическая полоса под продольным швом.

Рисунок 2.5 - Скос кромки стыкового соединения

Выполняем сборку полуколец на газопроводе на наружном центраторе, либо другим фиксирующим приспособлением.

Величина зазора между газопроводом и кольцами не должна быть более 4,0 мм в соответствии с рисунком 2.6



- 1 - ремонтируемый участок газопровода; 2 - муфта;  
3 - кольцо; 4 - подкладная металлическая полоса под продольным швом

Рисунок 2.6 - Зазор между газопроводом и кольцами в нахлестном соединении

Продольные швы колец и продольный шов газопровода нельзя располагать ближе, чем 100 мм друг от друга.

Контролируем наружное смещение кромок, превышение в 2,0 мм недопустимо.

Контролируем зазор между свариваемыми кромками продольных соединений полуколец, не должно быть превышения более 6, мм.

Просушку свариваемых кромок полуколец выполняем с применением газовых горелок с постоянным контролем бесконтактными термометрами, температура не должна подниматься более 150° С. Температуру предварительного подогрева контролируем термометром, направляя луч в зону нагрева равную 15 мм в обе стороны от свариваемых кромок.

Выполняем прихватки по всей длине продольного стыка. Прихватки в длину должны быть по 50мм. Распределение прихваток по всему стыку должно быть равномерное.

Проводим зачистку прихваток от брызг и образовавшегося шлака.

Начинаем сварку корневого слоя шва. Сварку выполняем обратноступенчатым способом по центру шва.

Наружный центратор разрешается демонтировать при выполнении сварки как минимум 60 % от длины корневого шва. Проводим зачистку от брызг и образовавшегося шлака сваренные участки шва. По ВИКу определяем качество выполнения сварки корня. Устраняем шлифовкой найденные дефекты.

Заполняющие слои выполняем аналогичным способом, не забывая смещать место начала и окончания сварки на 25 мм.

При сварке заполняющих слоев, зачистку швов механическим способом необходимо проводить после каждого слоя. Сварку последующих слоев заполнения выполняем с обязательным перекрытием предыдущего не менее чем на 3,0 мм.

Облицовочный слой также выполняют с перекрытием предыдущего слоя не менее чем на 3,0 мм., а метод сварки должен быть непрерывным.

Удаляем технологические наплавки шлифмашинкой, также удаляется и подкладная пластина. Необходимо обеспечить медленной равномерное охлаждение, для чего накрываем теплоизоляционным материалом продольные швы муфты.

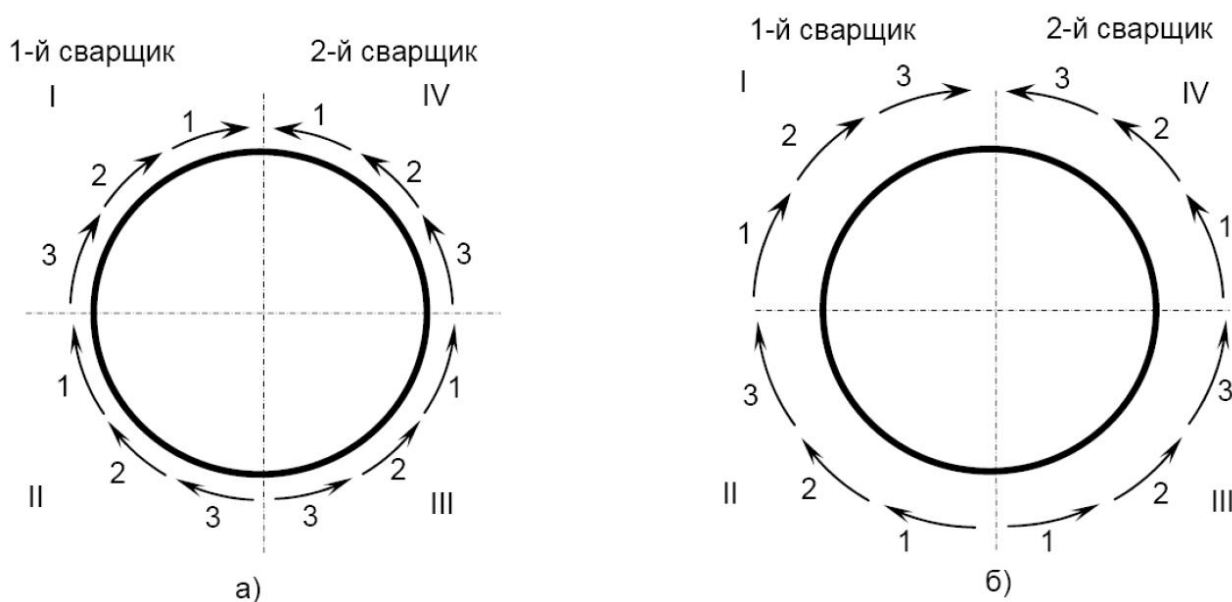
#### 2.1.6.2 Сварка полуколец с газопроводом

Установку полуколец внахлест к газопроводу выполняем с предварительным подогревом данного соединения до максимальной температуры в 150° С. Время подогрева кольцевого соединения выбираем в зависимости от толщины стенки газопровода и уличной температурой

воздуха. Ширина участка нагрева составляет 75мм от места сварки.

Проводим сварку прихваток, для данного диаметра количество прихваток будет равно 6 штук и длиной 100 мм. Проводим зачистку шва шлифмашинкой от брызг и шлака.

Сварку корня шва выполняем обратноступенчатым методом. Сварка ведут два сварщика одновременно с двух сторон. Сварку последующих слоев заполнения выполняем с обязательным перекрытием предыдущего не менее чем на 3,0 мм, для перекрытия замков шва в соответствии с рисунком 2.7

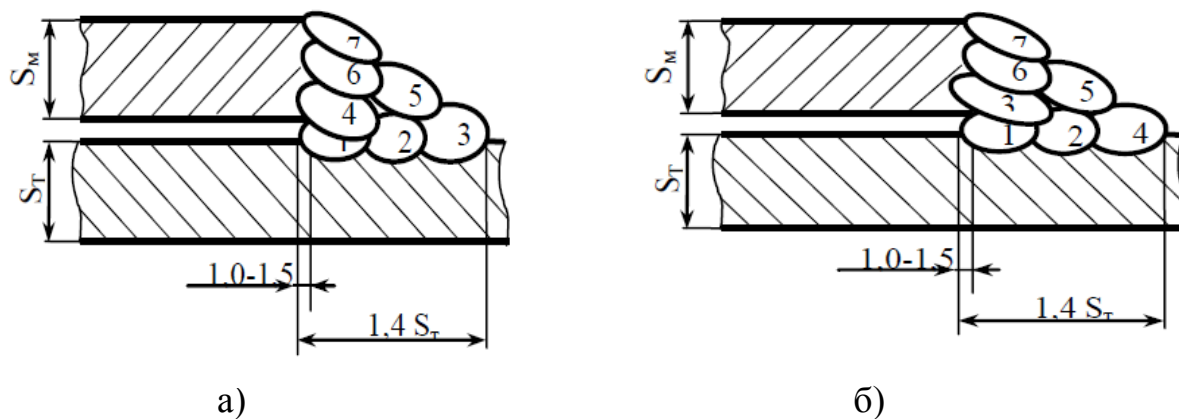


а) корневой слою шва и заполняющий; б) заполняющие слою шва; 1-3 - номера участков шва; I-IV - четверти окружности по три часа.

Рисунок 2.7 - Последовательность сварки кольцевых соединений

Сварку первого слоя шва к поверхности трубы выполняем небольшими ниточными слоями параллельных валиков, шириной в пределах 5 мм в количестве 3шт. Учитываем условие необходимого зазора между наплавкой первого и второго слоя валиков. Для сварки корня применяем электроды ОК 53.70  $\varnothing$ 2,5мм диаметром 2,5мм. Сварку слоев

заполнения выполняем с обязательным перекрытием предыдущего не менее чем на 3,0 мм электродами ОК 53.70 диаметром 3,2 мм, в соответствии с рисунком 2.8



- а) - последовательность приварки кольца к ремонтируемому газопроводу;  
 б) - последовательность слоев шва при сварке муфты с кольцом.

Рисунок 2.8 - Приварка колец к газопроводу

Производим подогрев во время сварки до температуры не выше  $150^{\circ}\text{C}$  в случае снижения температуры ниже  $+100^{\circ}\text{C}$  предыдущего слоя шва и сваркой последующего. Накрываем теплоизоляционным материалом кольцевой шов до полного его остывания.

### 2.1.6.3 Сборка муфты

При сборке всей конструкции муфты необходимо провести аналогичные работы, что при выполнении сборки полуколец.

Проводим горелками просушку кромок муфты перед сваркой до температуры  $50^{\circ}\text{C}$ . Перед проведением монтажа полумуфт необходимо выполнить приварку подкладных пластин, установив в паз полумуфты с внутренней ее поверхности, прихватками по всей длине. Пластины устанавливаются так, чтобы половина ее длины выступала за кромки со стороны выбранного паза, а со стороны торцов полуколец на 50 мм.

Для совмещения двух полумуфт и максимально плотного прилегания конструкции к газопроводу применяем наружный центратор

или другое фиксирующее приспособление.

#### 2.1.6.4 Сварка продольных стыковых соединений муфты

Для сварки продольных швов муфты также проводим подогрев кромок пропановыми горелками.

Прихватками по 50 мм длиной свариваем кромки муфты равномерно по всей длине. Зачищаем прихватки от образовавшегося шлака и брызг контролируемой шлифовкой.

Сварку каждого слоя шва начинаем и заканчиваем только на дополнительных металлических пластинах, которые привариваются к подкладной пластине под углом продольного скоса кромки.

Если размеры муфты составляют менее 600 мм, то сварку всех слоев проводят 2 сварщика одновременно с двух сторон по направлению друг к другу обратноступенчатым методом, в соответствии с рисунком 2.9

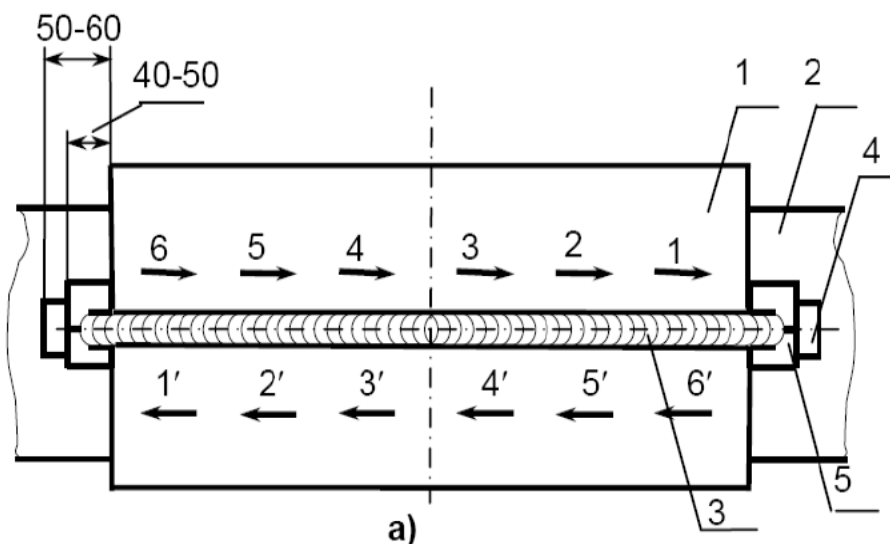


Рисунок 2.9 - Проведение сварки одновременно двумя сварщиками при длине муфты  $L \leq 600$  мм

Если размеры муфты превышают 600 мм, то сварку проводят одновременно четыре сварщика с двух концов муфты в противоположных

друг другу направлениях, по два сварщика на каждую сторону, в соответствии с рисунком 2.10

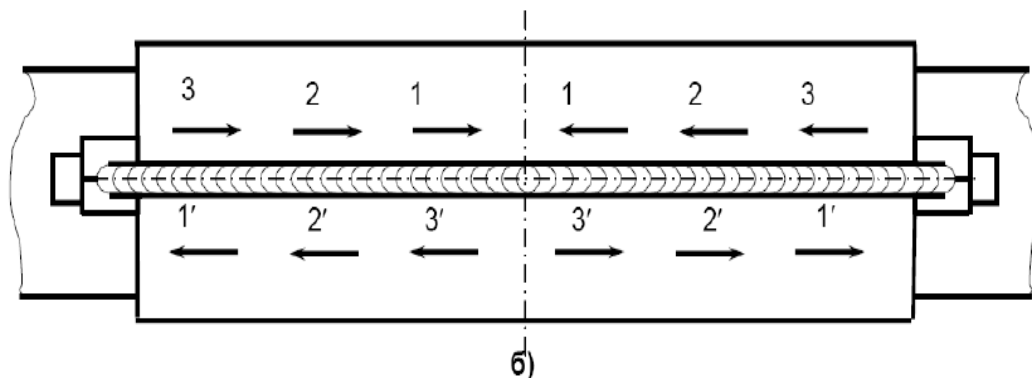


Рисунок 2.10 - Проведение сварки одновременно четырьмя сварщиками при длине муфты  $L > 600$  мм

При сварке корня используют обратноступенчатый метод сварки по центру шва. Аналогично выполняют сварку и первых двух заполняющих слоев.

Наружный центратор разрешается демонтировать при выполнении сварки как минимум 60 % от длины корневого шва.

Шлак и брызги расплавленного металла удаляем шлифмашинкой. Необходимо запилить начало шва шлифмашинкой и его окончание.

Проводим ВИК корневого слоя шва. Устраняем контролируемой шлифовкой все обнаруженные дефекты сварки.

Сварку слоев заполнения выполняем с обязательным перекрытием предыдущего не менее чем на 3,0 мм электродами ОК 53.70 диаметром 3,2 мм без перерыва, с последующей послойной зачисткой шлифмашинкой.

Облицовочный слой накладываем в два параллельных валика электродами ОК 53.70, диаметром 3,2 мм без перерыва по времени и с перекрытием не менее чем на 4,0 мм. Ведется сварка нижнего валика, а следом за ним верхний.

Бригада ПИЛ проводит контроль качества сварного соединения.



Обнаруженные дефекты устраняем шлифованием.

Общее число слоев при сварке данной муфты указывается исходя из толщины стенки газопровода, в нашем случае не менее трех. Удаляем все вспомогательные накладки на муфте шлифмашинкой. Накрываем муфту теплоизоляционным полотном до ее полного остывания.

#### 2.1.6.5 Сварка кольцевых нахлесточных соединений муфты с кольцами

Подготовительные работы, просушку стыков и подогрев производим аналогично работам по сварке предыдущих швов муфты.

Прихватками по 100 мм длиной свариваем по периметру кольцевые соединения муфты равномерно по всей длине электродами ОК 53.70  $\varnothing 2,5$  мм. Количество прихваток на данный диаметр муфты должно быть 8 шт. Проводим зачистку прихваток от шлака и брызг, устраняем выявленные дефекты.

Сварку корня шва выполняем обратноступенчатым методом электродами ОК 53.70  $\varnothing 2,5$  мм. Сварка ведется двумя сварщиками одновременно с двух сторон окружности. Сварку первого слоя шва выполняем небольшими ниточными слоями шириной до 7,0 мм на поверхность кольца.

Сварку последующих слоев заполнения выполняем с обязательным перекрытием предыдущего не менее чем на 3,0 мм, для перекрытия замков шва электродами ОК 53.70  $\varnothing 3,2$  мм. (Слайд 22)

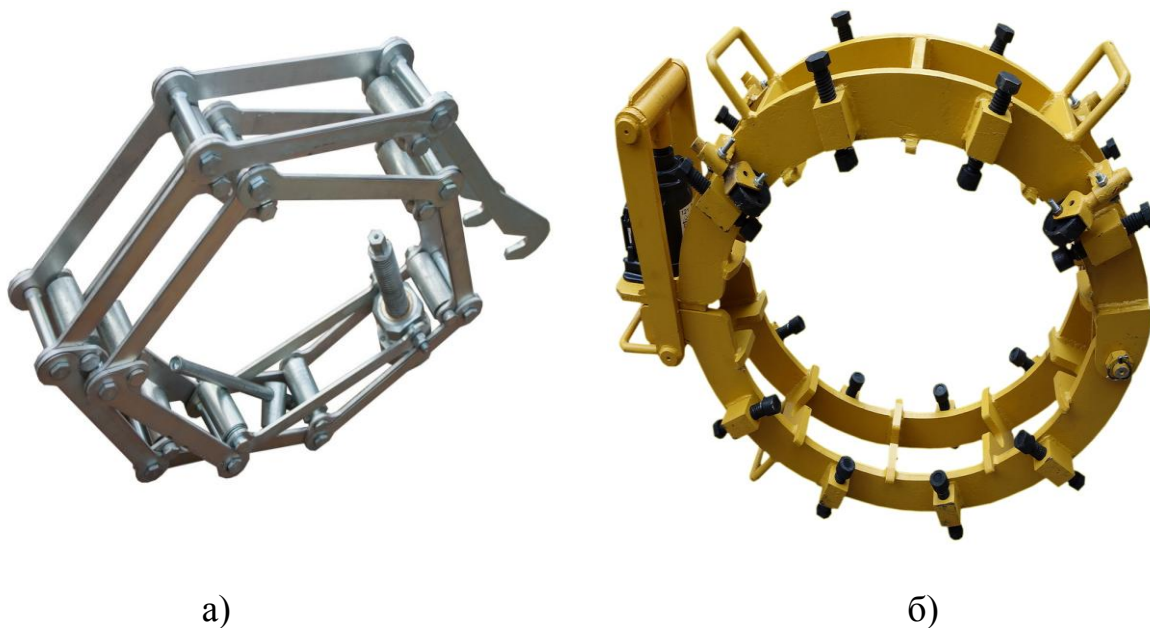
Сварку последних заполняющих слоев проводим непрерывной сваркой с перекрытием в 4,0 мм, применяя электроды ОК 53.70  $\varnothing 3,2$  мм. (Слайд 23)

Накрываем теплоизоляционным материалом, например термоизоляционным полотном, кольцевые швы муфты до полного остывания.

Для идентификации сварщиков, участвовавших в сварке, наносятся вблизи от продольных и кольцевых сварных швов несмываемым маркером их клейма.

## 2.2 Анализ существующих инструментов для фиксации элементов муфт

Изучив имеющуюся нормативную документацию, не нашел конкретного указания на марку и тип фиксирующего приспособления для монтажа элементов муфт. Для фиксации применяют приспособления, изображенные на рис.2.11



а) - наружный звенный центратор; б) - центратор-корректор.

Рисунок 2.11 - Фиксирующие приспособления для монтажа элементов муфт

Проведя отработку технологии ремонта сварной стальной муфтой и практические испытания на полигоне УАВР ООО "Газпром трансгаз Самара" столкнулись с действительной проблемой при монтаже полумуфт на учебный газопровод диаметром 426 мм.

В частности, имеющиеся в наличии наружные центраторы не обеспечивали плотного прилегания. Попытки вращать центратор по окружности трубы успехом не увенчались. При хорошем прилегании одной полумуфты, вторая оказывалась совершенно не прижатой к телу трубы.

Центратор-корректора на данный диаметр трубы у нас в Обществе, к сожалению, отсутствует, да и по заверениям опытного бригадира, установка и работа с использованием этого устройства то еще удовольствие.

Руководством была поставлена задача провести поиск и анализ возможного применения существующих инструментов для фиксации элементов муфт.

#### 2.2.1 Выбор устройства с необходимыми характеристиками

Изучив предложения по маркам фиксирующих приспособлений и конъюктуру рынка пришли к выводу о закупке цепных гидравлических домкратов. В декабре прошлого года нами приобретено 2 комплекта гидравлических домкратов КГР «СПРУТ» показанные на рисунке 2.12



Рисунок 2.12 - Гидравлический домкрат КГР «СПРУТ»

В комплект домкрата входит:

- ручной гидравлический насос;
- цепь;
- а также опора и средства для фиксации цепи.

Максимально создаваемое усилие составляет 10 тонн. Метраж цепи равен 5 метрам. Масса комплекта без цепи составляет 22 килограмма. Масса цепи равна 20 килограммам.

Данная модель нашла применение аварийно-спасательными службами МЧС в спасательных операциях. Зарекомендовала себя, как надежный, неприхотливый инструмент.

Монтаж и приведение в рабочее состояние не занимает много времени. Однако в ходе проведенных испытаний, опора заводского исполнения, входящая в комплект домкрата, при использовании на наклонных поверхностях трубопроводов не обеспечивает плотного прилегания и показана на рисунке 2.13

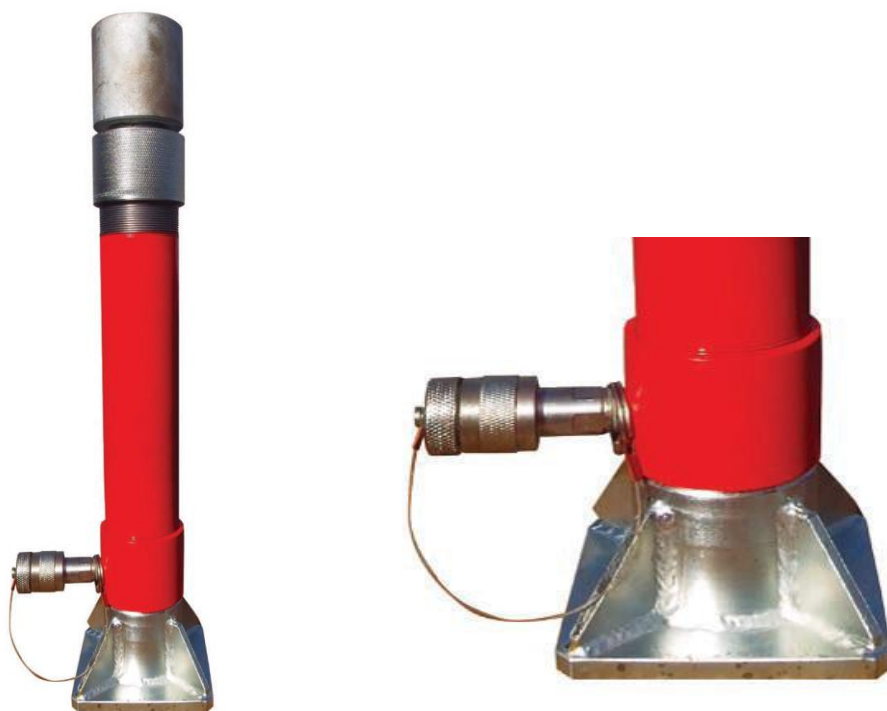


Рисунок 2.13 - Опора заводского изготовления

### 2.3 Доработка и изготовление изогнутой опоры

Сразу же после первого применения гидравлического домкрата возникла идея по доработке новой изогнутой опоры.

Выясним, почему же опора, поставляемая заводом-изготовителем, не удовлетворяет нашим требованиям при выполнении ремонтных и монтажных работ.

Во-первых, опора имеет малую площадь, что при больших нагрузках может вызвать механические повреждения тела трубы.

Во-вторых, плоская поверхность опоры распределяет нагрузку неравномерно по всей площади.

И конечно дабы сохранить основной ресурс - это жизни и здоровье наших работников целью разработки явилась необходимость свести к минимуму риск получения травмы при соскальзывании опоры с тела трубы. А также повысить удобство монтажа и точность определения вектора силы.

Изготавливается конструкция изогнутой опоры с увеличенной рабочей частью. Опора состоит из сегмента трубы нужного размера с приваренным в центральной части отрезком трубы диаметром чуть более диаметра «пятака» домкрата и показана на рисунке 2.14



Рисунок 2.14 - Изготовленная опора из сегмента трубы



Получившаяся опора повторяет контуры элементов муфты, тем самым обеспечивает плотное прилегание к телу трубы и распределяет нагрузку по всей рабочей площади.

Под каждый диаметр возможно изготовить свою опору нужного размера.

Изготовленная конструкция согласована со специалистами ОТ и ПБ нашего предприятия.

Монтаж устройства на трубу занимает не более 10 минут. Смонтированное устройство изображено на рисунке 2.5



Рисунок 2.15 - Обжатие муфты гидравлическим домкратом

Основная задача по фиксации элементов муфты достигнута, технологический процесс выполняется без нарушения технических регламентов.

В феврале этого года в пойменной части газопровода-отвода Ульяновского ЛПУМГ был проведен ремонт дефектного участка действующего газопровода, при помощи монтажа сварной стальной муфты.

При выполнении данной работы, применение гидравлического домкрата с доработанной опорой, показало его эффективность, надежность и безопасность.

Технология ремонта сварными муфтами магистральных газопроводов является важной задачей и позволит проводить ремонт без прекращения транспорта газа и стравливания в атмосферу.

Использование гидравлических домкратов для работ по данной технологии позволит облегчить труд работников и повысить качество и культуру производства.

Доработка опоры домкрата позволила повысить безопасность выполнения работ с использованием гидравлического домкрата. Повышает удобство монтажа и точность определения направления вектора силы.

Стоимость комплекта данного оборудования в 2-3 раза дешевле самого недорогого центратор-корректора.

## **3 Технология ремонта газопроводов с применением воздушно-плазменной строжки**

### **3.1 Разработка технологического процесса и параметров выборки дефектов**

При выполнении ремонта дефектных участков шва и поверхностных дефектов на теле трубы большую часть времени уходит на подготовительные работы и выборку металла с дефектом.

До недавнего времени, для выполнения операции по удалению дефектных участков, нами применялись примитивные методы ручной механической обработки контролируемой шлифовкой.

Единственным преимуществом этого способа его дешевизна. Но когда из за простоя трубопровода каждый час обходится в миллионы денежных знаков, то этому способу уже нет места быть на месте производства работ.

На сегодняшний день нами внедрено и используется оборудование воздушно-плазменной строжки двух производителей: США и России.

Это установки автоматической воздушно-плазменной строжки, УПР-2.4С «Стриж», производства ООО «НПП «Технотрон» и аппарат плазменной строжки Powermax 105 производства "Hypertherm".

Рассмотрим в данной главе технологию ремонта дефектных участков методом выдувания металла энергией плазменной дуги.

#### **3.1.1 Виды оборудования и анализ их применимости**

В промышленном производстве различают две разновидности устройств ВПС по степень автоматизации технологического процесса.

Ручная и автоматическая воздушно-плазменная строжка.



Контролируемая ручная воздушно-плазменная строжка дефектных участков основного металла труб и СТД применяется при несквозной выборке дефектных участков труб и СТД в следующих случаях:

- для выборки не протяженных дефектных участков;
- для ремонта в труднодоступных местах, при работе в стесненных условиях;
- при ремонте дефектных поверхностей с кривизной второго порядка (отводов крутоизогнутых), когда установка продольных или кольцевых поясов невозможна.

Максимальная глубина каждого прохода не должна превышать 4,0 мм для предотвращения перегрева металла в зоне ремонта, при этом остаточная толщина стенки должна быть не менее 8,0 мм.

Производительность строжки и глубина выборки определяются величиной силы тока, углом наклона резака, расстоянием от сопла до поверхности металла и скоростью перемещения резака. Увеличивая расстояние сопла от поверхности резчик увеличивает ширину и уменьшает глубину выборки.

Таблица 3.1 – Параметры режима ручной воздушно-плазменной строжки

| Параметр                                    | Наименование параметра |
|---|------------------------|
| Ток, А                                      | 60-90                  |
| Давление воздуха, атм                       | 5-6                    |
| Максимальный расход воздуха, л/мин не более | 350                    |
| Диаметр отверстия сопла плазмотрона, мм     | 2-3                    |
| Угол наклона плазмотрона, °                 | 25-50 (35 оптимально)  |

Контролируемая автоматическая воздушно-плазменная строжка дефектных участков основного металла труб и СТД применяется в

дополнение к технологии контролируемой шлифовки при несквозной выборке дефектных участков труб и СТД в следующих случаях:

- для выборки протяженных или значительных по глубине дефектных участков;
- для получения выборки дефектного участка со строго заданными геометрической формой и глубиной выемки;
- для получения высокого качества поверхности выборки, исключающей дополнительную обработку, необходимую для контроля полноты удаления дефектов, а также для снижения трудозатрат на пошаговое определение остаточной толщины стенки труб (СТД) и последующий расчет безопасного срока эксплуатации.

Для ремонта труб и СТД воздушно-плазменной строжкой должен применяться направляющий пояс (продольный на магнитных держателях или кольцевой), устанавливаемый таким образом, чтобы направление движения горелки было вдоль наибольшей оси проекции дефектной зоны на поверхность трубы. При этом направление колебания горелки задается вдоль наименьшей проекции дефектной зоны на поверхность трубы.

Таблица 3.2 – Параметры режима автоматической воздушно-плазменной строжки

| Параметр  | Наименование параметра |
|---|------------------------|
| Угол наклона плазмотрона, град                          | 26-28                  |
| Давление воздуха, атм                                   | 5-6                    |
| Зазор между соплом плазмотрона и удаляемым металлом, мм | 1-2                    |
| Скорость колебания плазмотрона, мм/с                    | 80-100                 |
| Ширина колебания, мм                                    | 20-50                  |

Глубина каждого прохода не должна превышать 3,5 мм, при этом остаточная толщина стенки должна быть не менее 8,0 мм.

Ширина одного прохода устанавливается оператором посредством регулировки ширины колебания горелки в диапазоне от 2 до 50 мм с условием перекрытия границы дефектной зоны на величину не менее 2 мм в каждую сторону.

Таблица 3.3 – Рекомендуемые параметры режимов автоматической воздушно-плазменной строжки для получения заданной глубины выборки металла

| Глубина выборки, мм                         | Скорость движения автоматической головки* |                        | Ток, А  |
|---|---|------------------------|---------|
|   | в мм/сек                                  | В единицах шкалы на ПУ |         |
| 0,5   | 6-7                                       | 4                      | 90-100  |
| 1   | 4-5                                       | 3                      | 100-110 |
| 2   | 3-4                                       | 2                      | 100-110 |
| 3   | 2-3                                       | 1,3                    | 100-120 |
| 3,5   | 1-1,5                                     | 1                      | 110-120 |
| *При максимальной скорости колебания резака |   |                        |         |

При необходимости строжки дефектных участков большей ширины от 50 до 100 мм, без изменения положения направляющего пояса, вылет штанги, на которой закреплена горелка, устанавливается на необходимую величину.

Ширину колебания горелки необходимо устанавливать таким образом, чтобы перекрытие между проходами было от 0 до 2 мм, при этом остальные настройки угла наклона горелки и режимов строжки изменять не допускается.

При необходимости строжки дефектных участков шириной более 100 мм, изменяют положение направляющего пояса перестановкой его с шагом 100 мм на линию параллельную первоначальному положению.

Контроль параллельности установки продольного пояса проводить с помощью пузырькового уровня длиной не менее 1500 мм.

При работе на продольном поясе, для достижения равномерной глубины выборки в крайних точках поперечных перемещений сопла-зазоры между соплом и металлом в этих точках должны быть равными.

Регулировку зазора при максимальной амплитуде колебания резака необходимо проводить на бездефектном участке трубы, на расстоянии не более 10 мм от края дефектного участка.

Для исключения неравномерной глубины выборки, при налипании стружки на магниты продольного пояса, место установки магнитного пояса следует очистить щеткой, а магнитные крепления продуть (очистить) струей воздуха. Операцию следует выполнять перед каждым смещением пояса.

### 3.1.2 Требования к неразрушающему контролю качества

После выполнения ручной или автоматической воздушно-плазменной строжки выполняют инструментальный контроль поверхности.

Для проведения инструментального контроля необходимо обеспечить шероховатости поверхности не ниже пятого класса в соответствии с ГОСТ 2789.

Инструментальный контроль проводят на участках трубы имеющих шероховатость поверхности не ниже пятого класса в соответствии с ГОСТ 2789.

Для обнаружения стресс-коррозионных дефектов применяют следующие методы НК: вихретоковые в соответствии с ВРД 39-1.11-027-2001, ультразвуковые по ГОСТ 12503, ГОСТ 23667; магнитопорошковые по ГОСТ 21105; капиллярные (цветной или люминесцентный) по ГОСТ 18442, ГОСТ 26182; электропотенциальные в соответствии с РД 153-34.1-17.412-2002.

Магнитно-порошковые и капиллярные методы контроля применяют для документирования результатов контроля.

Дефектоскопы, используемые для определения размеров стресс-коррозионных дефектов, должны иметь следующую точность (погрешность) измерений:

- вихретоковые и магнитовихретоковые дефектоскопы (по глубине трещины):

а) в диапазоне от 1 до 3 мм с погрешностью  $\pm 0,5$  мм;

б) в диапазоне от 3 до 6 мм с погрешностью  $\pm 1,0$  мм.

- ультразвуковые дефектоскопы общего назначения:

а) амплитуда сигналов не более  $\pm 1$  дБ;

б) координаты дефекта не более  $\pm 0,1$  мм.

Контроль качества выборок, ремонтных сварных соединений должен выполняться лабораториями НК, аттестованными в соответствии с ПБ 03-372-00, специалистами НК, аттестованными в соответствии с ПБ 03-440-02.

Контроль качества сварки (наплавки) на участках , отремонтированных с применением воздушно-плазменная строжки, должен осуществляться визуальным, измерительным и физическим методами контроля. Методы и объемы НК и нормы оценки качества сварных соединений должны соответствовать требованиям СТО Газпром 2-2.4.-083-2006 (раздел 6).

3.1.3 Проведение ремонта дефектов сварного шва на объекте МГ Новоспасск-Ульяновск, 84 км

Согласно, утвержденной технологической инструкций по применению автоматической и ручной воздушно-плазменной строжки для выполнения ремонта сваркой кольцевых, стыковых и

угловых соединений промышленных и магистральных газопроводов, нами были проведены ремонты на объектах линейной части МГ "Челябинск -Петровск" 1810-1820 км., шлефов в обвязке нагнетателей АВО газа

Ремонт сваркой стыковых соединений с применением автоматической ВПС можно разделить на два основных этапа:

- проведение выборки металла дефектного участка;
- работы по заварке обработанного участка.

На указанных объектах ремонта были устранены следующие виды обнаруженных дефектов:

- дефекты внутри заполняющих слоев шва кольцевых стыковых сварных соединений;
- дефекты в облицовке, а именно подрезы;
- поры и скопления пор в корневом слое шва.

Согласно нормативной документации, по выполнению ремонтов сварных соединений, при суммарной протяженности всех дефектов более 1/6 периметра кольцевого шва, только применение автоматической ВПС позволяет выполнять ремонт без вырезки стыка и вваркой катушки.

### 3.1.3.1 Подготовка оборудования и дефектного участка газопровода

Подготовка дефектного участка, установленного по данным ВТД, начинается с уточнения места расположения, типа, вида и глубины дефектов с использованием физических методов неразрушающего контроля.

После чего карта дефектов наносится на трубопровод, где производится разметка границ выборки, с учетом увеличения фактической

длины наружных и внутренних дефектов на величину в 30 мм в каждую сторону и глубины залегания не менее 1-2 мм.

Проводим монтаж направляющего пояса на одинаковом удалении от границ шва. Правильно и ровно установленный пояс - залог успеха всего ремонта.

Быстросъемными соединениями крепим автоматическую головку на направляющий пояс, следы за тем, чтобы ведущие и ведомые ролики оказались с внутренней стороны пояса, в соответствии с рисунком 3.1

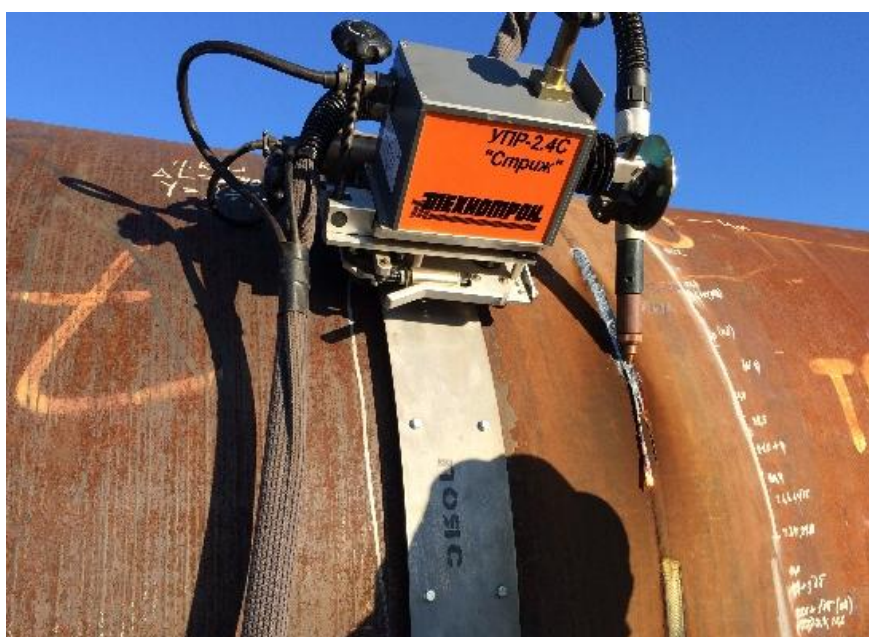


Рисунок 3.1 - Направляющий пояс и автоматическая головка

В противном случае, при прохождении головки замкового соединения пояса, она выскочит из пазов пояса, что может привести, как к поломке дорогостоящего оборудования, так и к травме обслуживающего персонала.

На источнике тока ДС 120П.33 необходимо выставить параметры режимов тока соответствующие толщине стенке трубопровода и скорости выборки, панель регулировки показана на рисунке 3.2



Рисунок 3.2 - Источник тока ДС 120П.33

На воздушном компрессоре устанавливается давление 5-6 бар и при помощи индикатора воздушного потока, входящего в комплект с установкой, проводим замер потока воздуха.

Если индикатор показывает значение расхода воздуха, ниже необходимого для нормальной работы установки, то необходимо проверить все соединения и шланги подвода воздуха. В некоторых случаях может потребоваться замена шлангов на шланги с большим условным проходом.

Оператор проводит проверку работоспособности механизированного шасси и правильность установки направляющего пояса путем прогонки без включения плазматрона по всему периметру шва при помощи пульта, изображенного на рисунке 3.3





Рисунок 3.3 - Пульт управления установкой автоматической воздушно-плазменной строжки УПР-2.4С «Стриж»

В случае отклонения сопла плазматрона от сварного шва в больших пределах, пояс следует поправить в нужных направлениях. Сварочные швы не всегда прямые, хоть пояс самоцентрирующийся, "косые" швы также поддаются ремонту. Для этого мы использовали подкладки для укладки ламината, чем больше величина "косины", тем глубже вставляется подкладка под пояс.

### 3.1.3.2 Технология процесса выборки дефекта

Согласно разработанных инструкции, выборку металла сварного шва необходимо производить послойно, каждый раз сокращая расстояние от оси шва до его границы в зависимости от скорости и глубины выборки.

Перед началом пуска плазматрон выставляют под углом 35-40 градусов по направлению движения. Плазматрон выставляют таким

образом, чтобы его сопло было примерно на 30 мм выше границы участка дефекта. Продольное перемещение для первой выборки выставляем с перекрытием по 1 мм в каждую сторону.

Проверяем все выставленные параметры без пуска плазматрона кнопкой "ТЕСТ".

Возвращаем плазматрон в начальное положение и нажатием кнопки "ПУСК" запускаем работу. Через смотровое окно пульта управления не совсем удобно контролировать движения плазматрона, для чего удобнее применять сварочную маску с автоматическим светофильтром с максимально убавленным затемнением.

Рекомендуется подбирать такие параметры тока и скорости перемещения плазматрона, чтобы за один проход выборка составляла не более 3 мм глубиной. Экспериментально установлено, что наиболее приемлемая чистота шероховатости поверхности шва достигается при выборке до 2 мм.

Оператор контролирует передвижение автоматической головки плазматрона и в случае необходимости вовремя корректирует его. В случае нахождения дефекта на участке с различным усилением шва, оператор замедляет скорости движения на участке с большим усилением и ускоряется на участках с меньшим усилением. Результат выборки показан на рисунке 3.4

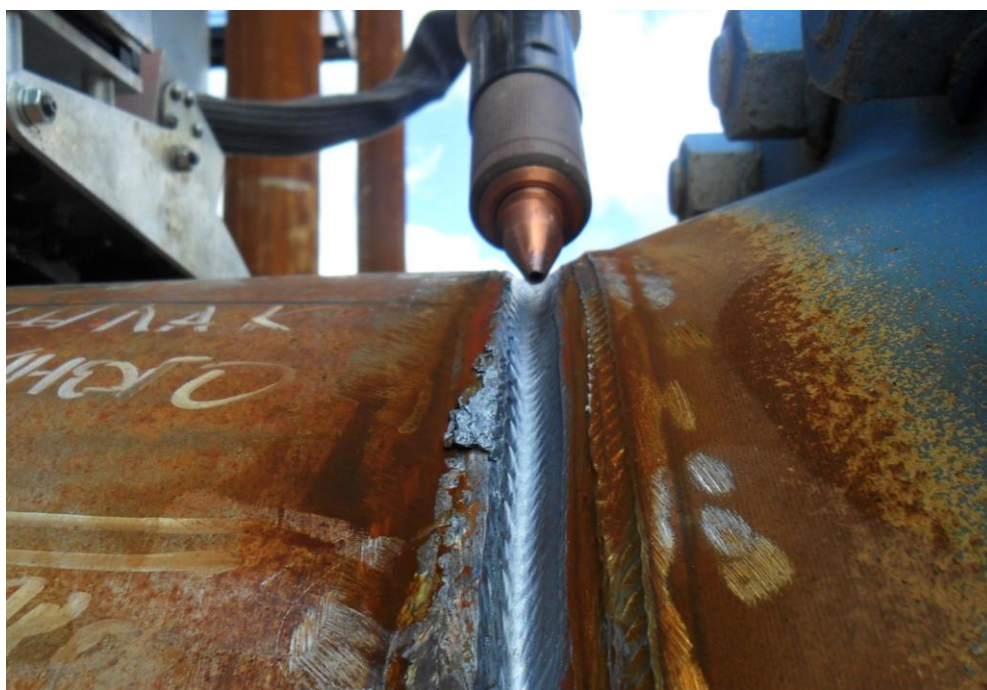


Рисунок 3.4 - Выборка наплавленного металла в сварном шве

Максимальная остаточная толщина стенки контролируется и выборка прекращается при достижении ее значения не менее 4 мм.

После выполнения выборки перед сваркой проводят обработку поверхности шлифмашинкой.

Хочется отметить основные преимущества применения воздушно-плазменной строжки:

- снижения энергозатрат;
- высокую производительность удаления металла;
- минимизацию последующей зачистки;
- уменьшенный шум при работе и дымообразование;
- отсутствие науглероживания металла шва.

Применение устройства плазменной строжки УПР – 2.4С «Стриж», позволит выполнять работы по ремонту труб и сварных соединений, с заданными параметрами и в срок, с соблюдением норм охраны труда и промышленной и экологической безопасности, с отсутствием вредных факторов для здоровья работника.

## **4 Безопасность и экологичность**

### **4.1 Требования к персоналу**

В должностные обязанности инженера входит: организация проведения работ повышенной опасности в соответствии с инструкциями по охране труда.

В должностные обязанности мастера входит: контроль за работами на всех этапах производственного процесса, руководство комплексной бригадой по ремонту магистрального газопровода, допуск к работе лиц прошедших инструктажи и имеющих соответствующую рабочую квалификацию, выдача ежедневных заданий на производственные работы, руководство работами в опасных условиях по заранее разработанным планам, проектам организации труда и по нарядам допускам, обеспечение соблюдение трудовой и производственной дисциплины, осуществление первичного контроля за проведением работ, выполнение мероприятий по ОТ, оказание первой доврачебной помощи пострадавшим, немедленное сообщение руководителю о несчастных случаях, не допускает работу с неисправным оборудованием и инструментами, а так же СИЗ, принимает меры по предотвращению работ в случае угрозы жизни работающих, не допускать к работе лиц в нетрезвом состоянии.

В должностные обязанности рабочего входит: своевременно проходить инструктажи, проводить работы в соответствии с инструкциями по ОТ, нормативными эксплуатационными документами, немедленно сообщать мастеру обо всех нарушениях производственного процесса и несчастных случаях.

К эксплуатации объектов МГ допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие соответствующее профессионально-техническое образование,

прошедшие медицинское освидетельствование и производственное обучение (в необходимых случаях после прохождения стажировки), а также инструктажи и проверку (аттестацию) знаний правил охраны труда и промышленной безопасности.

Организация и порядок обучения, проведения инструктажей, проверки знаний и допуска персонала к самостоятельной работе должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.0.004 ССБТ и "Положения о порядке проверки знаний правил, норм и инструкций по безопасности у руководящих работников и специалистов предприятий, подконтрольных Госгортехнадзору России", утвержденных Госгортехнадзором России 19.05.93 г.

Рабочие основных профессий допускаются к самостоятельной работе после обучения, стажировки на рабочем месте, проверки знаний, проведения производственного инструктажа и при наличии удостоверения, дающего право допуска к определенному виду работ.

Рабочие комплексных бригад, организацией труда которых предусматривается совмещение профессий, должны иметь соответствующую квалификацию, а также допуски к самостоятельной работе по основной и совмещаемой профессиям.

Производственный персонал должен владеть приемами оказания доврачебной помощи пострадавшим при несчастных случаях. Обучение приемам оказания доврачебной помощи включается в программу первичной подготовки и повышения квалификации персонала в учебно-курсовых комбинатах (УКК) и других специализированных учебных заведениях.

Специалисты и рабочие, прибывшие на объект для работы, должны быть ознакомлены с правилами внутреннего распорядка, характерными опасностями и их признаками, обязанностями по конкретным тревогам и другим вопросам, входящим в объем вводного инструктажа. Сведения о

проведении инструктажей фиксируются в специальных журналах с подтверждающими подписями инструктируемого и инструктирующего.

Персонал предприятия обеспечивается спецодеждой, спецобувью, защитными касками (зимой - с утепленными подшлемниками) и другими средствами индивидуальной защиты. Спецодежда, предназначенная для использования на взрывопожароопасных объектах или взрывопожароопасных участках производства, должна быть изготовлена из термостойких и антистатических материалов.

Специалистами являются лица, отвечающие требованиям DIN VDE 0105 или ИЕС 364 или сравнимым с ними нормам.

Названные лица должны обладать подтверждёнными точными знаниями о производственно обусловленных опасностях, как то, например, о горячих, ядовитых или находящихся под давлением газах, газожидкостных смесях или других средах, а также достаточными знаниями измерительной системы, полученными в результате специального обучения.

#### **4.2 Проведение работ по монтажу стальной сварной муфты**

При проведении работ по монтажу стальной сварной муфты следует руководствоваться производственными инструкциями и нормативными актами, временными инструкциями в строгом соответствии с разработанной операционно-технологической картой и проектом производства работ.

К работам по монтажу стальной сварной муфты допускаются аттестованные специалисты, изучившие настоящий документ, руководство по эксплуатации и имеющие разрешительные документы на проведение монтажных и пуско-наладочных работ во взрывоопасных зонах, прошедшие обучение по правилам промышленной безопасности.

### **4.3 Мероприятия, направленные на предупреждение выбросов газа и на ликвидацию их последствий**

Технические решения, представлены комплексом технологических, технических и организационных мероприятий, направленных, в первую очередь, на повышение эксплуатационной надежности, противопожарной и экологической безопасности газопровода.

Основные технические решения по линейной части газопровода приняты исходя из инженерно-геологических и климатических условий района строительства, с учетом результатов гидравлических и теплотехнических расчетов газопровода.

Газопровод является магистральным. Принятые технические решения обеспечивают максимальную надежность и экологическую безопасность проектируемого газопровода.

В соответствии с требованиями п.1.4.5 ПБ 08-624-03 и п.3.2.3 ВРД 39-1.10-006-2000 для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения возможности повреждения трубопровода предусматривается установка на местности километровых, опознавательных знаков газопровода, сигнальных знаков и постоянных реперов в местах пересечения газопровода с водными преградами, знаков «Остановка запрещена» в местах пересечения с автодорогами, предупредительных знаков «Осторожно газопровод!» в местах пересечения трубопровода с существующими подземными коммуникациями. Знаки предусмотрено устанавливать через каждый километр, в местах поворота трассы трубопровода и пересечениях газопровода с естественными и искусственными преградами, а также в непосредственной близости от узлов запорной арматуры.

#### 4.4 Охрана окружающей среды

При строительстве газопровода необходимо строго соблюдать требования охраны окружающей среды, сохранения его устойчивого экологического равновесия и не нарушать условия землепользования, установленные законодательством по охране природы.

Охрана окружающей среды при строительстве трубопроводов осуществляется путем выполнения природоохранных мероприятий.

К природоохранным мероприятиям относятся:

- все виды хозяйственной деятельности, направленные на снижение или ликвидацию отрицательного антропогенного воздействия на природную среду, сохранение, улучшение и рациональное использование природных ресурсов;

- опережающая отсыпка дорог и площадок;

- размещение сооружений, строительных баз, обслуживающих объектов и транспортных систем с учетом экологических требований;

- мероприятия по охране водных объектов;

- уменьшение вредных выбросов в атмосферу и борьба с шумами;

- рекультивация земель и меры борьбы с эрозией;

- борьба с пожарами;

- меры по охране ресурсов растительного и животного мира;

- применение природосберегающих строительных технологий и специальных машин и механизмов, оказывающих минимальное воздействие на природу;

- мероприятия по защите от загрязнений и разрушений геологической среды, в том числе вечномёрзлых пород и подземных вод;

К подготовительной работе следует приступать только при наличии положительного заключения экологической экспертизы Госкомприроды РФ по проекту и утверждения их заказчиком.



В период подготовительных работ наибольшее влияние на окружающую среду оказывают расчистка строительной полосы, планировка трассы.

При расчистке строительной полосы необходимо:

- обеспечить вывоз древесины и порубочных остатков;
- складировать верхний (гумусовый) слой почвы для последующего его использования при рекультивации.

С целью уменьшения нарушений окружающей среды все ремонтно-строительные и строительные-монтажные работы должны проводится исключительно в пределах полосы временного отвода земли.

На всех этапах строительства следует выполнять мероприятия, предотвращающие:

- развитие неблагоприятных рельефообразующих процессов;
- изменение естественного поверхностного стока на участке строительства;
- возгорание естественной растительности вследствие допуска к работе неисправных технических средств;
- захламление территории строительными отходами;
- разлив горюче-смазочных материалов, слив на трассе отработанных масел и т.д.

С целью снижения отрицательного воздействия строительства на окружающую среду применяется укрепление и повышение технологической готовности конструкций и материалов, в том числе:

- проведение в базовых условиях работ по сварке и изоляции трубных секций;
- подготовку и герметизацию кромок труб под сварку неповоротных стыков;
- очистку и защиту внутренней полости трубных секций и оборудования от попадания грунта и грязи;

Строительная колонна должна быть оснащена передвижным оборудованием – мусоросборниками для сбора строительных отходов и мусора на трассе и емкостями для сбора отработанных горюче-смазочных материалов.

Воздействие процесса испытания трубопровода на окружающую среду может привести к следующим нежелательным последствиям:

- изменению характера и снижению биопродуктивности ландшафта в результате локального загрязнения почв;
- загрязнению поверхности или грунтовых вод;
- изменению условий местного стока в результате забора воды из малых рек и сброса воды после испытания трубопровода;
- загрязнению атмосферы вблизи населенных пунктов;
- ухудшению условий обитания ихтиофауны в результате сброса воды из трубопровода в реки и водоемы;

При подготовке трубопровода к очистке полости и испытанию места выпуска воды и продуктов очистки следует располагать на малоценных грунтах, непригодных для хозяйственного использования.

Уменьшить зону загрязнения территории продуктами выброса при очистке полости трубопровода продувкой воздухом или природным газом можно следующими способами:

- уменьшением кинетической энергии выбрасываемой струи путем снижения подачи воздуха в продуваемый участок при подходе поршня на расстояние 1-2 км до концевого патрубка;
- устройство земляного вала (промороженного зимой или покрытием из бетонных плит летом) на пути полета загрязненной струи и очистного поршня;
- дождеванием загрязненной воздушной струи из трубы;
- продувкой без подъема концевого патрубка из траншеи;

- направлением концевой патрубка в специально отрываемую по направлению оси патрубка траншею длиной 20-25 м, наполненную водой до уровня нижней образующей патрубка.

При очистке полости трубопровода промывкой воду следует сливать в специально сооружаемые резервуары-отстойники (амбары) или фильтровать через дамбы- фильтры из хорошего фильтрующего песчаного грунта. При отсутствии в районе песчаных грунтов дамба может быть сооружена из не фильтрующих грунтов с водосборным устройством (например, труба с задвижкой).

В целях рационального использования природных ресурсов (чистой воды) необходимо стремиться к повторному или многократному использованию отбираемой воды путем проведения испытаний на соседнем и последующих участках. Это достигается неукоснительным выполнением согласованного календарного плана - графика подготовки соседних участков для гидравлических испытаний с перепуском воды и увеличением длины участка трубопровода, сооружаемого одной строительной колонной.

Биологические методы применяют после окончания основных строительных работ в комплексе с механическими и химическими.

Биологическую рекультивацию проводят специализированные организации за счет средств, предусмотренных проектом.

Применение различных видов биологических методов определяется природными особенностями территории и степенью техногенной нарушенности.

При невозможности восстановления коренной растительности на полосе строительства необходимо создать ее искусственные формы, заменяющие естественные, путем посева быстрорастущих видов трав с длинными корневищами.

Рекультивация эрозионных форм (оврагов, промоин и др.) производится засыпкой местным грунтом слоями до 1 м. В «голову» оврага следует укладывать эрозионно-устойчивый грунт (глина, крупнозернистый песок, щебень) или строительные отходы.

Верхний слой засыпки выполняют из эрозионно-устойчивого грунта в сочетании с биологической рекультивацией.

Обслуживание, ремонт и заправка техники должны производиться на специально оборудованных площадках, расположенных за пределами водоохраных зон.

Заправка строительных машин топливом и смазочными материалами в трассовых условиях осуществляется только закрытым способом при четкой организации работы топливозаправщиков.

Условия работы техники в течение строительного периода, количество выбросов двигателей, графики проведения профилактических ремонтов машин и механизмов, техосмотров будут согласованы с местными органами охраны природы и другими заинтересованными организациями.

Для ведения регулярного контроля параметров состояния элементов окружающей природной среды (атмосферного воздуха, почв, воды) при проведении подготовительных и строительных работ в составе оперативной группы должен работать ответственный за охрану окружающей среды.

До начала производства подготовительных и строительных работ необходимо определить и согласовать с местными природоохранными органами перечень параметров элементов окружающей природной среды

#### **4.5 Заключение по разделу**

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения

операций по монтажу и сварке стальных сварных муфт. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня при оценке рисков и опасных производственных факторов. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдет при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

## **5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы**

На сегодняшний момент, Управление аварийно-восстановительных работ, является основной структурой ООО "Газпром трансгаз Самара" по поддержанию в работоспособном, безаварийном состоянии объектов линейной части и газораспределительной системы Самарского региона.

От слаженных, скоординированных действий руководства и взаимодействия с рабочими зависит успех выполнения основных задач, поставленных ПАО "Газпром".

Ненадлежащий контроль и отсутствие четкого структурированного управления неизбежно ведет к повышению рисков, аварийности, травматизма и несчастных случаев на производстве.

Магистральный газопровод является объектом повышенной опасности, что влечет за собой соответствующие риски как для жизни и здоровья человека, так и срыва поставок газа потребителю, а так же энергобезопасности страны.

Целью данного курсового проекта является рассмотрение организационной структуры предприятия, производственных задач, формирования компетенций для максимально грамотного использования производственных и человеческих ресурсов, сокращения затрат на производство и увеличения производительности труда.

Для выполнения задач по повышению рентабельности производства необходимо учесть и минимизировать, где это возможно, собственные издержки и расходы.

## **5.1 Экономический эффект от внедрения системы "Бережливое производство"**

Выполнение вышеперечисленных производственных показателей напрямую связано с одним из важнейших приоритетных проектов филиала – внедрение системы «Бережливое производство».

Так в рамках данного проекта в 2018 году филиалом было реализовано 12 «Кайдзен-проектов» и использовано 33 рац.предложения, из них 10 предложений с общим экономическим эффектом на сумму 464 тыс.руб.

- Применение шаблона для вырезки технологических отверстий. (экономический эффект в размере 159 тыс.руб.)

- Модернизация газорезательной машины «Трек» под пояс от газорезательной машины «Орбита» (экономический эффект в размере 27 тыс.руб.)

- Мобильное приспособление для перемотки пожарных рукавов (экономический эффект в размере 30 тыс.руб.), и др.

Так же в 2018 году введено в эксплуатацию 13 единиц основных средств на сумму 8 млн. руб., в том числе внедрено 6 приоритетных технических проекта, в частности это:

- апробация технологии ремонта сварными муфтами при проведении РВР в базовых условиях;

- применение изоляционной машины РИМ-1420;

- применение установки «Hypertherm» для ручной плазменной резки и строжки при ремонте стыков методом «ремонта сваркой» и черновой резки трубопроводов.

Что позволило не только увеличить производительность, но и улучшить условия труда трубопроводчиков линейных, в части снижения воздействия вредных производственных факторов, таких как вибрация (от применения углошлифовальных машинок) и абразивная пыль.

С помощью устройства воздушно-плазменной строжки отремонтировано 2018 году – 41 сварное соединение (в 2017 году – 46)

Работа в сфере «Бережливого производства» и оптимизации затрат продолжается.

## 5.2 Экономическое обоснование выбора метода ремонта

Согласно данным ПОЭМГиГРС ООО «Газпром трансгаз Самара», затраты на ремонт катушкой, участка трубы газопровод-отвода «Новоспасск-Ульяновск» диаметром 530 мм составляют 4923,22 тыс. руб.

В данной сумме 90 % занимает стоимость стравленного газа, который невозможно выработать и штраф за выбросы в атмосферу.

В данной ВКР предполагается сравнить устранение дефектов методом вырезки «катушки» и установкой стальной сварной муфты..

Анализ стоимости работ по установке стальной сварной муфты на газопровод-отводе «Новоспасск-Ульяновск», 84 км, указаны в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Расчет стоимости работ по установке муфты Ду 530

| № п/п | Наименование        | Ед. измерен<br>ия | Кол-<br>во | Цена   | Сумма      | Примечан<br>ие  |
|-------|---------------------|-------------------|------------|--------|------------|---|
| 1     | ФЗП                 |                   |            |        | 199 345,56 | Часы из<br>табеля<br>учета РВ<br>за март<br>2019 года |
|       | инженер УАВР№2      | чел/час           | 16,4       | 339,42 | 5 566,54   |   |
|       | лин. трубопроводчик | чел/час           | 16,4       | 220,84 | 3 621,77   |   |
|       | эл. газосварщик     | чел/час           | 16,4       | 323,92 | 5 312,21   |   |
|       | лин. трубопроводчик | чел/час           | 16,4       | 220,84 | 3 621,77   |   |
|       | мастер УАВР№1       | чел/час           | 48,8       | 340,25 | 16 604,03  |   |
|       | эл. газосварщик     | чел/час           | 48,8       | 335,91 | 16 392,50  |   |
|       | газорезчик          | чел/час           | 48,8       | 253,56 | 12 373,56  |   |
|       | эл. газосварщик     | чел/час           | 46,8       | 335,91 | 15 720,68  |   |
|       | эл. газосварщик     | чел/час           | 46,8       | 347,91 | 16 282,13  |   |
|       | лин. трубопроводчик | чел/час           | 48,8       | 237,20 | 11 575,27  |   |
|       | лин. трубопроводчик | чел/час           | 48,8       | 261,74 | 12 772,71  |   |



Продолжение таблицы 5.1

| № п/п | Наименование                     | Ед. измерения | Кол-во | Цена   | Сумма      | Примечание   |
|-------|----------------------------------|---------------|--------|--------|------------|--|
|       | водитель г/п ПКСР                | чел/час       | 41     | 198,90 | 8 154,75   |  |
|       | водитель бортового               | чел/час       | 48,8   | 218,86 | 10 680,43  |  |
|       | мастер ЛККСС                     | чел/час       | 40     | 361,45 | 14 458,03  |  |
|       | деф. ЛККСС                       | чел/час       | 40     | 204,92 | 8 196,60   |  |
|       | вод. лаб. ККСС                   | чел/час       | 40     | 200,31 | 8 012,58   |  |
|       | надбавка РХР                     |               |        |        | 30 000,00  |  |
| 2     | Страховые взносы (30,2%)         |               |        |        | 60 202,36  |  |
| 3     | Материалы                        |               |        |        | 8 105,29   | Фактический расход материалов                                  |
|       | Электрод ОК 53.70 ф2,5мм         | кг            | 4,5    | 437,05 | 1 966,73   |  |
|       | Электрод ОК 74.70 ф4,0мм         | кг            | 6      | 204,88 | 1 229,28   |  |
|       | Диск отрезной FT33-230x3,0x22,23 | шт            | 10     | 204,31 | 2 043,10   |  |
|       | Диск отрезной FT33-125x3,0x22,23 | шт            | 4      | 134,41 | 537,64     |  |
|       | Пропан                           | бал           | 2      | 728,25 | 1 456,50   |  |
|       | Кислород                         | бал           | 4      | 218,01 | 872,04     |  |
| 4     | Топливо                          |               |        |        | 29 909,60  | Техника УАВР расход топлива из путевых листов                  |
|       | ПКСР                             | л             | 461    | 39,20  | 18 071,20  |  |
|       | Лаборатория ККСС                 | л             | 260    | 39,20  | 10 192,00  |  |
|       | А/кран г/п 16 тн                 | л             | 42     | 39,20  | 1 646,40   | Техника УТТиСТ, 4 часа работы а/к, топливо по норме 10,5 л/час |
| ИТОГО |                                  |               |        |        | 297 562,80 |  |

Приведенные выше расчеты подтверждают правильность выбора метода ремонта, рассмотренного в данной ВКР. Выбор ремонта экономически обоснован.

### **5.3 Отчет о выполнении плановых показателей**

Финансовое положение Общества стабильное и устойчивое.

Планово-контрольные показатели выполнены в пределах утвержденных лимитов. Задание по доходной части Бюджета доходов и затрат выполнено в размере 18,7 млрд. руб., что соответствует 100,5% плана. Расходная часть бюджета составила 18,5 млрд.руб., что соответствует 99,3% плана.

Однако, ежегодное достижение плановых показателей и выполнение задач по поддержанию в исправном состоянии объектов газотранспортной системы, становится всё более трудновыполнимой задачей.

Основной проблемный вопрос - это сокращение поставок оборудования и материалов по статьям ОНМ, ПЭН/РЭН по производственным направлениям.

В 2018 году управлению был выделен лимит по производственным направлениям ПОЭМГ и ПОЭКС в размере 6,5 млн.руб. (из них ПОЭМГ – 6 млн.руб., ПОЭКС – 560 тыс.руб.). При этом расходных материалов (электродов, кругов, рентгенпленки) вовлечено в производство на сумму 8,0 млн.руб. (из них 2,3 млн.руб. на объекты КРХС). Таким образом, лимитов по производственным направлениям не достаточно даже для обеспечения поставок расходных материалов, не говоря уже об обеспечении необходимым оборудованием, инструментом и инвентарем.

Что касается поставок по статье ОНМ.

В 2017 году управлением получено 23 позиции оборудования в количестве 49 ед. на сумму 25 млн.руб.. В 2016 году управлением получено 6 позиций оборудования в количестве 16 ед. на сумму 10,5 млн.руб.

Для сравнения в 2018 году управлением получено уже 6 позиций оборудования в количестве 13 ед. и на сумму 8 млн.руб., из них

автотранспорт на 6 млн.руб. При этом первоначальная потребность была сформирована на сумму 108 млн.руб. (36 позиций).

На 2019 год согласовано с Департаментом и вошло в заявку уже 4 позиции оборудования в кол-ве 12 ед. на сумму всего 3,0 млн.руб., при первоначально сформированной потребности на 78 млн.руб. (30 позиций).

Что касается программы технического дооснащения УАВР утвержденной заместителем Председателя Правления В.А. Маркеловым 26.04.2017, то из всего утвержденного оборудования поставлена только изоляционная машина РИМ-1420. Лимиты для реализации программы дооснащения отсутствуют.

#### **5.4 Заключение по экономическому разделу**

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать технологическую себестоимость установки стальной сварной муфты по отношению к другим методам ремонта.

В ходе выполнения расчётов установлено, что технология ремонта газопровода стальными сварными муфтами с применением фиксирующих гидравлических домкратов позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость процесса, увеличить производительность труда, уменьшить технологическую себестоимость, обеспечить безопасность работ и снизить риски производственного травматизма. Размер расчётной величины условно-годовой экономии при установке одной стальной сварной муфты составил 4,625 млн. рублей.

Финансовые затраты на покупку технологического оборудования для выполнения данного вида работ составляют 78 тыс. рублей за один комплект.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

В условиях существующего финансирования задачи и предложения, направленные на улучшение деятельности филиала и Общества видятся следующие:

- выполнение комплексных план-графиков ремонтных работ, в т.ч. планов капитального ремонта хозяйственным способом с учетом максимальной эффективности использования ресурсов и оптимизации собственных затрат;

- сокращение персонала и доведения численности до расчетных значений на километр газопровода;

- последовать примеру Председателя Правительства Российской Федерации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования был проведен анализ существующих технологий и оборудования по ремонту дефектов магистральных газопроводов. Рассмотрена существующая нормативная база технологического процесса ручной и автоматической воздушно-плазменной строжки. Показаны высокоэффективные технологические приемы автоматической воздушно-плазменной строжки для односторонней обработки кромок.

Применение контролируемой воздушно-плазменной строжки и трубофрезерной машины с электрическим приводом показало свою экономическую эффективность и сократило время на выполнение ремонта дефектов магистральных газопроводов.

Технология ремонта газопроводов без остановки транспорта газа стальными сварными муфтами, доказала свою эффективность в решении задач по недопущению аварийной ситуации.

Технология ремонта сварными муфтами магистральных газопроводов является важной задачей и позволит проводить ремонт без прекращения транспорта газа и стравливания в атмосферу.

Использование гидравлических домкратов для работ по данной технологии позволит облегчить труд работников и повысить качество и культуру производства.

Доработка опоры домкрата позволила повысить безопасность выполнения работ с использованием гидравлического домкрата. Повышает удобство монтажа и точность определения направленности вектора силы.

Представлены результаты выполнения ремонтов сварных швов с дефектами, обнаруженными при диагностировании трубопроводов обвязки компрессорных станций при проведении капитального ремонта технологических трубопроводов.

Показана принципиальная возможность использования оборудования для автоматической воздушно-плазменной строжки в комплекте с прямолинейными поясами на магнитном креплении для выборки дефектных участков: продольных заводских сварных швов, протяженных коррозионных и стресс-коррозионных повреждений наружной поверхности труб.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить экономический эффект в размере 4,625 млн. рублей при каждом применении технологии ремонта стальными сварными муфтами.

В результате исследования были определены наиболее приемлемые технологии и оборудование для выполнения ремонта магистральных газопроводов, эксплуатируемых в регионе Приволжского федерального округа. Оценены риски возможных аварийных ситуаций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно: СТО Газпром 2-2.2-115-2007.: утв. Распоряжением ОАО "Газпром" №42 от 14.03.07; введ. в действие с 22.09.07. Москва, 2007. - 159 с.

2. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-2.3-137-2007.: утв. Распоряжением ОАО "Газпром" №172 от 28.06.07; введ. в действие с 14.12.07. Москва, 2007. - 182 с.

3. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-2.2-136-2007.: утв. Распоряжением ОАО "Газпром" №57 от 18.06.07; введ. в действие с 11.12.07. Москва, 2007. - 260 с.

4. Временная инструкция по применению автоматической и ручной воздушно-плазменной строжки для выборки дефектов труб и СДТ коррозионного и стресс-коррозионного происхождения: утв. ООО "Газпром ВНИИГАЗ", 2014. - 26 с.

5. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-2.4-083-2006.: утв. Распоряжением ОАО "Газпром" №310 от 30.10.06; введ. в действие с 30.10.06. Москва, 2007. - 110 с.

6. Технологическая инструкция по технологиям ремонта сваркой кольцевых стыковых и угловых соединений промышленных и магистральных газопроводов с применением воздушно-плазменной строжки: разработано ООО "Газпром ВНИИГАЗ", 2012. - 24 с.

7. Технологии сварки трубопроводов технологической обвязки объектов и оборудования промышленных и магистральных газопроводов:

СТО Газпром 2-2.2-649-2012.: утв. Распоряжением ОАО "Газпром" №103 от 24.05.13; введ. в действие с 24.05.13. Москва, 2013. - 145 с.

8. Инструкция по производству строительных работ в охранных зонах магистральных трубопроводов Министерства газовой промышленности: ВСН 51-1-80.: утв. Распоряжением Министерства газовой промышленности №ВД-440 от 05.03.1980; введ. в действие с 01.07.80. - 5 с

9. Инструкция по ремонту дефектных участков технологических трубопроводов газа компрессорной станции сварными стальными и стеклопластиковыми муфтами с резьбовой затяжкой: СТО Газпром 2-2.3-522-2010.: утв. Распоряжением ОАО "Газпром" №397 от 23.11.10; введ. в действие с 23.11.10. Москва, 2011. - 53 с.

10. Инструкция по технологиям сварки при ремонте участков линейной части магистральных газопроводов ООО "Газпром трансгаз Самара" стальными сварными муфтами диаметром от 159 мм до 426 мм: И-01-559-215.: разработано ООО "Газпром ВНИИГАЗ", 2015. - 50 с.